

令和 5 年 6 月 19 日現在

機関番号：11601

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2022

課題番号：18K03832

研究課題名(和文)セルロースナノ繊維を用いたC/Cコンポジットの高温・高電流環境下での摺動特性

研究課題名(英文)Wear characteristics of C/C composite materials with cellulose nano fibers under high temperature and electric current condition

研究代表者

小沢 喜仁(OZAWA, Yoshihito)

福島大学・共生システム理工学類・客員教授

研究者番号：00160862

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：酢酸菌が生成する繊維径20-100nmのバクテリアセルロース(BC)がもつ三次元ナノ構造を利用してBC炭素繊維強化/炭素材料(C/Cコンポジット材料)を開発した。高出力直流電動機の整流子やブラシとしての実用化を目指し、高温・高電流環境下で使用される摺動材に求められる機械的および電気的特性について実験・理論両面から評価を行い、第3成分の銅粉末添加の影響も含め、最適な材料構成を明らかにした。開発したC/Cコンポジットの物性を摺動試験および電気伝導試験により評価するとともに、数理解析モデルを用いて高温環境における摩擦摩耗および電気伝導に関するシミュレーションを実施して、解析モデルの妥当性を確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

申請者らは、ナノスケールのBC繊維網にフェノール樹脂を直接含浸する方法によりBC/FRP中間体を成形し、これを高温で焼結することによってセラミックス系ナノファイバー分散型複合材料C/Cコンポジットの開発に成功し、第3成分として銅粉末を分散させた材料も開発した。開発した材料の機械的特性および電気的特性を評価する手法を示し、数理解析モデルを用いてシミュレーションを行い、摩擦摩耗の挙動と特性を明らかにする手法も示した。持続可能な社会の実現のために電気自動車の開発が近年注目され、高出力・小型直流電動機を実現する基盤技術である整流子やブラシの開発において基礎的な知見を得た。

研究成果の概要(英文)：We have developed a BC Carbon fiber reinforced/Carbon material (C/C composite material) by utilizing the three-dimensional nanostructure of Bacterial Cellulose (BC), which is produced by acetic acid bacteria and has a fiber diameter of 20-100 nm. The mechanical and electrical properties required for sliding materials used in high-temperature and high-current environments were evaluated both experimentally and theoretically. The optimal material composition was also clarified, including the effect of the addition of a third component of copper powder, with the aim of practical application as commutators and brushes for high-power DC motors. The properties of the developed C/C composites were evaluated by sliding tests and electrical conduction tests, and mathematical and numerical simulations of friction and wear, and electrical conduction in high temperature environments were conducted by using analytical models to confirm their validity.

研究分野：機械材料・材料力学

キーワード：複合材料 セルロース微細繊維 バクテリア・セルロース 摩擦・摩耗 摺動材料 高温・高電流環境 実験および数理解析

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

持続可能社会の実現のため摩擦抵抗の軽減、耐摩耗性向上や機器消費エネルギーの大きな低減が期待され、超低摩耗材料の登場が望まれている。次世代交通として電気自動車開発が注目され、高出力・小型直流電動機を実現する基盤技術である整流子やブラシ開発課題¹⁾が生じている。

バクテリアセルロース (BC; Bacterial Cellulose, 図 1(a)) は食酢などの醸造過程において酢酸菌が生産する直径 20-100nm の天然繊維であり、ナノレベルの微細な繊維網構造をもち繊維自身の強度が高いなど力学的特性にも優れる²⁾ことから、生分解性を有する機能性素材として注目されているが、研究は特定範囲に限られ、工業材料分野においてはほとんどみあたらない。

申請者らは、ナノスケールの BC 繊維網にフェノール樹脂を直接含浸する方法³⁾により BC-FRP 中間体を成形し、これを高温で焼結することによってセラミックス系ナノフィラー分散型複合材料 C/C コンポジットの開発に成功した。材料の機械的特性に関する摩擦摩耗試験により、ダイヤモンド・ライク・カーボンコーティング (DLC) を超える極めて低い比摩耗量、低い動摩擦係数を有することが判明し特許を取得している。

イノベーション・ジャパン 2016 や新技術説明会などビジネスマッチングにおいて優れた摩耗特性、利便性を備えた皮膜形成技術、熱的および電気的特性の評価が強く要請されている。

2. 研究の目的

申請者らが開発した C/C コンポジットは、直接含浸法¹⁾により初めてナノレベルでの繊維網への樹脂含浸が可能となり材料の優れた特性が発現しており、このようなナノレベルでの研究は他にみあたらない。BC とフェノール樹脂からなる BC-FRP 中間体を高温で焼成することにより、BC 繊維は BC 炭素繊維に、マトリックスのフェノール樹脂はガラス状炭素へと変性している。BC 由来の炭素繊維は 20nm であり、ナノオーダーの微細構造により、焼成温度 900 のとき比摩耗量 $1.93 \times 10^{-10} [\text{mm}^2/\text{N}]$ 、動摩擦係数 0.13 と優れた特性を示す。

(1) 本研究においては、C/C コンポジットの実用化を目指して、高出力の直流電動機の整流子やブラシの摺動材料を想定して高温・高電流下でのその摺動特性を評価する。摺動面を有する機械・構造物に対しても広く適用可能を目指すものであり、持続可能な社会構築に向けての基盤技術として市場規模は大きい。

(2) ランダム性を有するナノレベルの天然繊維網構造 (図 1(b)) を有する高機能性材料としての利用可能性を示すとともに、材料特性解析と信頼性に道を拓く。

(3) 実用化が期待される高温・高電流環境における C/C コンポジットの BC 炭素繊維などの状況、機械的特性、電気的特性、並びに摺動特性を向上させるための材料成形技術について明らかにする。この材料がもつ優れた摩擦摩耗特性の解明および最適な特性を発揮するための材料成形条件、整流子やブラシとしての実用化に不可欠な熱的および電気的特性の評価を行う。

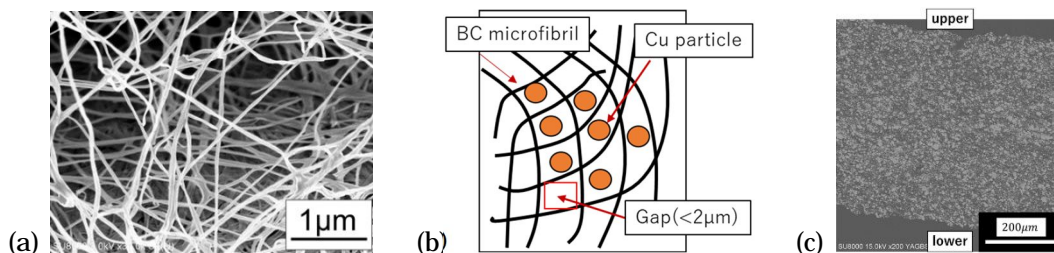


Fig. 1 SEM photos of (a) BC fibers, (b) Image of composite, and (c) SEM photo of composite.

3. 研究の方法

(1) C/C コンポジットの材料構成が機械的特性と材料物性に及ぼす影響の実験的評価

BC は本来 静的な醸造過程で生成され積層構成を有する C/C コンポジットの成形において、この積層構成を保持する成形法 (積層型)、BC 繊維網がナノスケールであることを考慮して BC 繊維を粉砕・微細化させ均質化したものを用い含浸する方法 (分散型)、コンポジット皮膜としてターゲット材料表面に塗布・形成する方法 (皮膜型) も開発している。それぞれの成形方法で作製した材料試験片を用いて摺動実験および材料試験を行い、機械的特性や熱物性等を評価する。電動機ブラシを想定して実験条件を変化させ摺動試験を行い、BC 繊維の高次構造について評価するとともに、材料構成による材料特性の相違を検討して、摩擦摩耗機構を解明する。

(2) 材料の熱的物性に関する弾性数理解析

(1) に示す成形方法により異なる繊維分散性を持つ材料の力学モデルを構築して、材料物性の評価を行う。分散型において BC スラリーを微細化することで BC 繊維は長さ 1mm 程度となるが繊維として機能し、さらに微細化した竹炭粉や銅粉末などの第 3 成分を添加すると BC 繊維

の密集構造に分散する高次構造となり、これが硬化収縮して材料が形成される(図 1(c))。このような構造はこれまでになく、実験結果をもとにモデル化しマルチスケール解法と均質化法を適用した弾性数理解的手法により熱伝導現象を解析し熱伝導係数や機械的特性を数値的に求める。

(3) C/C コンポジットの電気的物性に及ぼす材料構成の影響の実験的評価

摺動材料として使用が期待される C/C コンポジットにおいては、直流電動機のブラシや集電材料を例とする高温下で機能する摺動材料としての使用が期待される。(1)で行った実験と同様に試験片を準備して、電気伝導試験を実施して、電気抵抗率の評価を行う。さらに、摺動試験装置を改良して、直流電動機の整流子とブラシを模試できる装置を開発する。負荷電流を種々に変化させて摺動試験を行い、摩擦摩耗特性を評価する。微視力学的観点から摺動面に関する観察を行って、材料組成や高電流環境が材料に及ぼす影響を評価する。

(4) 材料の電気的物性に関する弾性数理解析

材料の電気伝導もまた、この繊維分布が異なる BC 炭素繊維とマトリックスの炭素材料との関係や繊維のパーコレーションにより影響を受けると考えられる。研究分担者はすでに繊維分散モデルを定式化しており、このモデルを用いて摩擦摩耗の挙動を考慮した解析を(2)と同様の手法を用いて解析を行い、機械的特性や電気伝導特性の変化について明らかにする。

(5) C/C コンポジットの実用化に向けた新たな機能性の発現に関する検討

高温・高電流環境下で用いられるコンポジットに関する摩擦摩耗特性、熱的および電気的特性を明らかにし、実用化に最適な材料成形・焼成条件を明らかにする。粉体化処理および第3成分添加の影響を含め総合的に検討して、ナノレベルの繊維網構造を模試できる力学モデルによる理論解析の妥当性を確認して、新規摺動材による摩擦摩耗設計の妥当性を総合的に評価する。

4. 研究成果

本研究は、セルロース・ナノファイバの一種であるバクテリアセルロース(BC)を用いた C/C コンポジットの高出力直流電動機の整流子やブラシとしての実用化を目指して、高温・高電流環境下で用いられる摺動材料に求められる機械的および電気的特性について実験・理論両面から評価を行い、最適な材料構成を明らかにして、次に示すような研究成果を得た。

(1) C/C コンポジットの材料構成が機械的特性と材料物性に及ぼす影響の実験的評価について

静的な醸造工程により作られ積層構成を有する BC 繊維を粉砕・微細化させて均質化したものを用い含浸させる方法を開発した(分散型)。この成形方法で作製した mBC-C/C コンポジット材料の試験片(図 2(a))を用いて、相手材を無酸素銅(C1020)とした摺動試験を行い、SUS304 の場合に比べて比摩耗量と動摩擦係数がともに高くなることを明らかにした。これは mBC-C/C コンポジットが相手材である無酸素銅を掘り起こすアブレシブ摩耗が支配的となるためであると考えている。室温での電気抵抗率の測定を4端子法(図 2(c))により行い、平均 $2.72 \times 10^{-4} \text{ m}$ という値を得た。mBC-C/C コンポジットの焼結工程において微密化プロセスを行うことや第3成分の添加などにより改善を図る必要を示し通電下における摺動試験のため基礎的知識を得た。

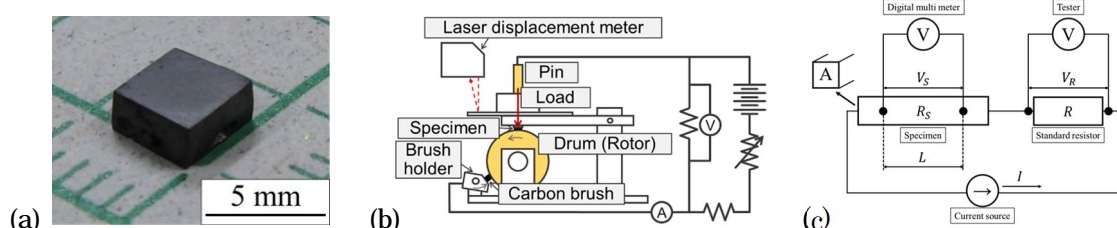


Fig. 2 (a) Testing specimen, (b) Sliding tester under current conduction and (c) Circuit of 4-Terminal method.

(2) 材料の熱的物性に関する弾性数理解析について

繊維分散を持つ材料について網目状の周期的繊維ネットワークの単位セルとして力学モデルを構築し、微視繊維網を有する機能性材料のジュール発熱を伴う接触挙動を定式化した(図 3)。材料の熱弾性特性、電気伝導特性について微視構造を考慮して、微視構造を有する領域に関する有限要素モデルを用いた弾性数理解析を実施した。

マルチスケール解法と均質化法を適用することにより、網目状の周期的繊維ネットワークを持つナノ・コンポジット材料と接触子との通電環境における接触挙動の解析に成功した。ジュール発熱を伴う接触挙動において、材料の熱弾性特性と電気伝導特性について微視構造を考慮した有限要素解析の結果によると、繊維主方向と直角方向の繊維密度が小さくなると、繊維方向の正規化縦弾性係数 E^*_1 および正規化熱伝導率 k^*_1 は増加するが、繊維と直角方向のこれらの値 E^*_2 および k^*_2 は減少することがわかった(図 4)。また、移動する接触子端付近の材料内部の電気ポテンシャル分布と Von Mises 降伏応力分布を数値的に求めた。微視力学的観点から摺動面に関する観察を行い、高温や高電流環境が材料に及ぼす影響やジュール発熱を伴う電極としての接触挙動について評価する基礎を築いた。

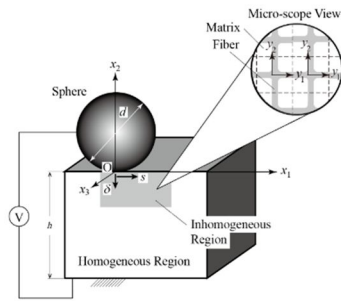
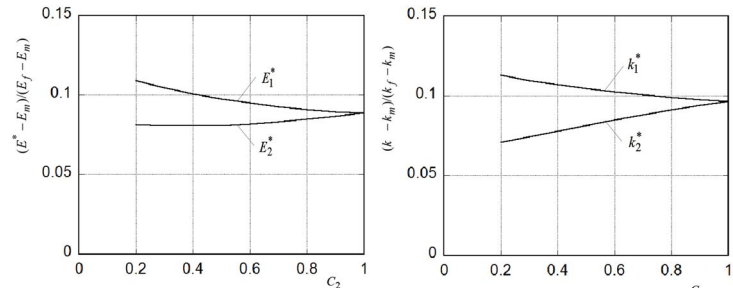


Fig. 3 A model of a composite material under contact and Joule heating. Fig. 4 Effective Young's Moduli E^* and thermal conductivities k^* .



(3) C/C コンポジットの電気的物性に及ぼす材料構成の影響の実験的評価について

(1)に述べた相手材を銅材とする摺動試験の結果を評価して、直流電動機整流子とブラシを模試できる装置を付加した改良型摺動実験装置(図2(b))を設計・開発して実験に供した。バクテリアセルロース BC の分散性を改善した mBC-C/C コンポジットをカーボンブラシとして適用すべく、整流子材料を想定した無酸素銅を相手材とした摺動試験を行い、異なる相手材に対する摩擦・摩耗特性を明らかにした⁴⁾。その結果、実験した範囲では、通電環境が mBC-C/C コンポジットの摩擦・摩耗特性に及ぼす影響は小さいこと(図5)、また mBC-C/C コンポジットは焼成温度が高い場合には相手材の銅材を攻撃するアプレシブ摩耗が生じていることが明らかになった。ブラシは整流子材料と比較して優先的に摩耗される必要があるため、mBC-C/C コンポジットの焼結温度を低く設定し硬さを低減することや、焼結工程において微密化プロセス等の工夫を行って摺動特性の改善を図ること、さらに相手材の特性向上が必要であることを示した。

本研究で開発された第3成分として1 μ m銅粉末を含有する Cu/mBC-C/C コンポジットの性能向上を目的とし、添加した銅粉末の材料内での分散性向上を目指した。Cu/mBC ゲルを自然乾燥させた試料に関する SEM 観察の結果、BC 繊維網によって銅粉末をトラップさせることが可能であり、材料内の均一な分散性を確認した(図1(c))。コンポジットの摺動試験の結果、BC 繊維量を 4wt% に、銅粉末の添加量を 30vol% に増加させた Cu/mBC-C/C コンポジット(図6)では、電気抵抗率は電気黒鉛質ブラシと同程度の 10^{-5} の値まで低下し、動摩擦係数は 0.177、比摩耗量も 10^{-9} のオーダーとなった。電気抵抗率は材料内部のき裂や空孔の存在によって大きな値になるため、材料作製過程でのき裂や空孔の発生を抑制できる成形法の改良を進め、摺動特性と導電性の向上の両視点から銅粉末の添加量について最適値を求める必要がある。摺動面の微視的観察を行って、高温や高電流環境が材料に及ぼす影響やジュール発熱を伴う電極としての接触挙動についても評価した(図6)。

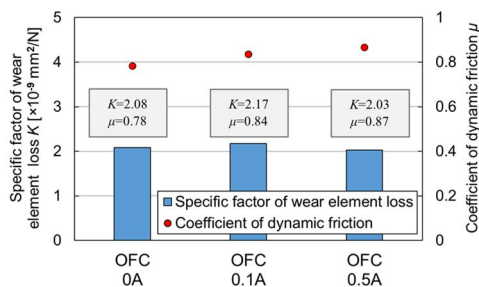


Fig. 5 Experimental results of sliding tests under current condition.

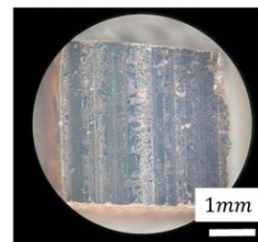


Fig. 6 Optical microscope photographs of contact surface of Cu/mBC-C/C composite, Cu-30vol%.

(4) 材料の電気的物性に関する弾性数理解析について

BC のナノ繊維を模擬した繊維網構造に包含されるように金属微粒子が配置された機能性複合材料を考える。金属微粒子のパーコレーションによって電気伝導率を高めた機能性複合材料について、摩擦過程における内部損傷進展とその摩擦特性との関連を計算機シミュレーションにより解析し、ナノ C/C コンポジットの金属粒子の含有とその摩擦挙動について調べた。

図7は複合材料の微視的特性を考慮した機能性複合材料として、ナノ C/C コンポジットに関する摩擦試験とその摩擦面を拡大した微視モデルである。図7の右側に示した材料の微視モデルは、BC のナノ繊維を模擬した網構造と、それらに包含された金属微粒子が周期的に配列した単一セル周期モデルとして考える。微視モデルは、試験片と接する Pin の表面粗さに対応する半径 r_p の微小突起が平坦な試験片の表面上を移動する状態を示している。また、球状の金属粒子の中心に原点を有する座標系 (x, y, z) を考え、周期配列は、 x, y, z 方向の周期に対応する直方体セルの辺の長さをそれぞれ l_x, l_y, l_z とする。網構造のナノ繊維は余弦関数でそのうねりを記述している。

銅の金属微粒子を添加したナノ C/C コンポジット⁽²⁾を対象とし、ステンレス製接触 Pin との摩擦試験を想定した数値シミュレーションを行った。銅微粒子の直径 $d_p (=1\mu\text{m})$ を基準とし、ナノ繊維直径 $d_f/d_p=0.05$ 、単位セルの幾何的形狀は $l_x/d_p=l_y/d_p=1.38$ 、 $l_z/d_p=1.1$ 、金属微粒子の含有率が 0.25 になるように設定した。また、Pin の接触する微少突起の半径は $r_p/d_p=1$ とした。材料特性として炭化されたナノ繊維および母材は、それぞれ、熱分解蒸着炭素材料およびガラス状炭素材料を、金属の Pin と銅粒子は SUS304 材、無酸素銅は C1020 材を想定し、いずれも標準的な物性値を用いた。材料の摩擦試験を模擬した数値計算は有限要素ソフト MSC/Marc2010 を用いて材料の内部損傷を考慮した弾塑性解析を行った。

摩擦面の微視的なナノ C/C 材と銅粒子の配置の影響を調べるために、摩擦面の切断面を種々に変えて図 8 右側に示す(a)から(d)の接触断面における摩擦シミュレーションを行った。図 8 はその摩擦シミュレーションによる摩擦係数変動の結果である。図の横軸 $x_s/d_p=0.25$ の位置において、SUS304 製 Pin の微少突起が押し込み深さ $\delta_c/d_p=0.05$ になるように設定し、 x 軸方向に移動させた場合について、押し込み方向と移動方向の力から摩擦係数を算出したものである。実際の巨視的な摩擦係数はこれらの微視的な摩擦係数の平均的な値として考えられるが、微視的にも断面の違いによって大きな変化がなくほぼ同様な傾向が得られた。摩擦・摩耗の進展を考慮した種々の検査面について試験した結果、動摩擦係数の挙動は実験結果とよい一致を示しており、解析モデルの妥当性を確認した。

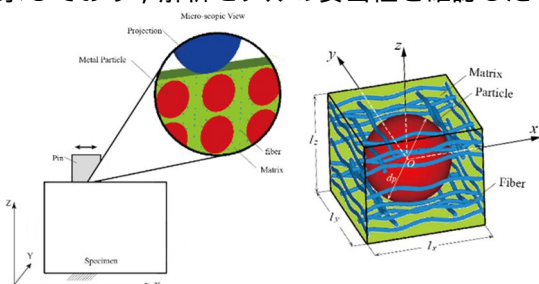


Fig. 7 A model of a composite material with microscopic inhomogeneity under frictional contact and its unit cell model.

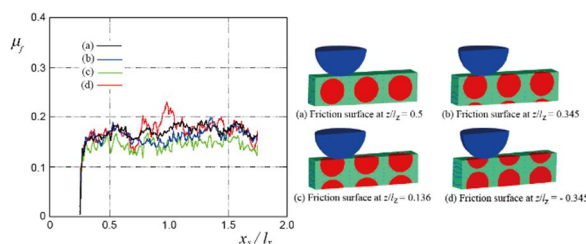


Fig. 8 Frictional coefficient with variation of different friction surfaces.

(5) C/C コンポジットの実用化に向けた新たな機能性の発現に関する検討

研究期間全体を通じて実施した研究の成果として、C/C コンポジットの高出力直流電動機の整流子やブラシとしての実用化への課題である、高温・高電流環境下で用いられるコンポジットとして求められる熱的および電気的特性について材料開発・評価を行い、開発材がもつ特性を保持・向上させることに成功した。BC 繊維網による第 3 成分添加材の分散性向上への寄与を発見し、摩擦摩耗特性に及ぼす通電環境の影響も実験結果と理論解析結果から総合的に評価できた。

さらなる実用化として C/C コンポジットによる皮膜成形法の開発を目指し、回転軸や駆動軸として利用されている機械構造用炭素鋼 S45C 等を基材とする場合についても検討した。粉末塗布による皮膜成形において mBC-C/C コンポジット粉末の粒径および含有量の変化の影響についての検討を行い、摺動特性の評価および摺動面の観察によって最適な皮膜成形法を検証した。粒径が異なるコンポジット粉末を作製し、コンポジット粉末を混合したフェノール樹脂を化学エッチング処理した基材表面に塗布して皮膜を形成している。摺動試験の結果から、粒径が 1mm 以下の粉末の場合は皮膜を積層でき、優れた摺動特性を示すことを確認した。

< 引用文献 >

- (1) Honbo, R., Wakabayashi, H., Murakami, Y., Inayoshi, N., Shimoyama, T., and Morita, N., “Lead-Free Brush Materials for Starter Motors”, *Denso technical review*, Vol. 14, 2009.
- (2) Trovatti, E., Oliveira, L., Freire, C. D. R., Silvestre, A. J. D. and Neto, C. P., “Novel Bacteria Cellulose-Acrylic Resin Nanocomposites”, *Composites Science and Technology*, Vol. 70, p.1148, 2010.
- (3) Uugansuren, L., Ozawa, Y. and Kikuti, T., “Development of Nano-C/C Composites with Bacterial Cellulose and Tribological Properties”, *Journal of the Society of Material Science, Japan*, Vol. 64, p. 1041, 2015.
- (4) Ozawa, Y. and Ozawa, T., “Effect of Electrical Current on Tribological Properties of C/C Composite with Cellulose Nano Fiber of Bacterial Cellulose”, *ACMFMS2020+1*, Sendai, 2021.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Yoshihito Ozawa and Takumi Ozawa	4. 巻 Vol. 1
2. 論文標題 Effect of Electrical Current on Tribological Properties of C/C Composite with Cellulose Nano Fiber of Bacterial Cellulose	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of The 7th Asian Conference on Mechanics and Functional Materilas and Structures	6. 最初と最後の頁 pp.57-60
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 Yoshihito OZAWA, Takumi OZAWA	4. 巻 1
2. 論文標題 Tribology properties and electrical resistivity of c/c composite with bacterial cellulose under current conduction and thermal condition	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of International Congress on Thermal Stresses (ICTS)	6. 最初と最後の頁 336-340
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 Yotsugi SHIBUYA, Yoshihito OZAWA	4. 巻 1
2. 論文標題 A multi-scale model for simulation on contact behavior of nano-c/c composites under electric current	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of International Congress on Thermal Stresses (ICTS)	6. 最初と最後の頁 349-352
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 Yoshihito OZAWA, Takumi OZAWA and Tokio KIKUCHI	4. 巻 1
2. 論文標題 Tribology Prperty and Electrical Resistivity of C/C Composites With Bacterial Cellulose	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of 22nd International Conference on Composite Materials	6. 最初と最後の頁 1-10
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 Y. Ozawa, T. Kikuchi, Y. Asano, K. Takasawa	4. 巻 Vol. 1
2. 論文標題 Wear Properties of C/C Composites with Bacterial Cellulose and Thin Coating Films	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of The 10th International Conference on Green Composites	6. 最初と最後の頁 1-5
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 Yotsugi Shibuya, Yoshihito Ozawa	4. 巻 Vol. 1
2. 論文標題 A Multi-Scale Model for Simulation on Contact Behavior of Nano-C/C Composites Under Electric Current	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of The 12th International Conference on Thermal Stresses TS2019	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) 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 -

1. 著者名 Yoshihito Ozawa, Takumi Ozawa	4. 巻 Vol. 1
2. 論文標題 Tribology Properties and Electrical Resistivity of C/C Composite with Bacterial Cellulose Under Current Conduction and Thermal Condition	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of The 12th International Conference on Thermal Stresses TS2019	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) 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21件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 6件)

1. 発表者名 今井 京平, 佐藤 渉, 小沢 喜仁
2. 発表標題 バクテリア・セルロースを用いたC/Cコンポジットに関する通電環境下における摺動特性の基礎的研究
3. 学会等名 第65回FRP総合講演会・展示会 (65th FRP CON-EX 2021 講演会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 菅野 恭也, 大谷 旭輝, 小沢 喜仁
2. 発表標題 粉末積層法による天然素材由来C/Cコンポジット皮膜の摺動特性評価と金属基材への応用
3. 学会等名 第65回FRP総合講演会・展示会 (65th FRP CON-EX 2021 講演会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小沢 喜仁, 今井 京平
2. 発表標題 バクテリア・セルロースを用いたC/Cコンポジットの摺動特性および電気的特性に及ぼす第3成分としての銅粉末添加の影響に関する研究
3. 学会等名 第13回日本複合材料会議(JCCM-13)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小沢 喜仁, 菅野 恭也
2. 発表標題 粉末積層法による天然繊維由来C/Cコンポジット皮膜の金属材料表面への適用とその摺動特性評価
3. 学会等名 第13回日本複合材料会議(JCCM-13)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yoshihito Ozawa, Takumi Ozawa, Tokio Kikuchi
2. 発表標題 Tribology properties of c/c composite materials with cellulose nano fibre against ofc rotor properties
3. 学会等名 19th European Conference on Composite Materials (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小沢喜仁(福島大)
2. 発表標題 複合材料のマイクロメカニクスと天然素材由来材料の機能性
3. 学会等名 日本材料学会 第268回複合材料部門委員会 部門功績賞記念講演(招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小沢喜仁(福島大), 小澤匠(福島大院)
2. 発表標題 バクテリアセルロースを用いたC/Cコンポジットの通電環境における摩擦・摩耗特性
3. 学会等名 第12回日本複合材料会議
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小沢喜仁(福島大), 佐藤 涉(福島大)
2. 発表標題 銅粉末を添加した天然繊維由来炭素複合材料の摺動特性と電気的特性の評価
3. 学会等名 日本機械学会東北学生会 第51回学生員卒業研究発表講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小沢喜仁(福島大), 大谷旭輝(福島大)
2. 発表標題 天然繊維由来 C/C コンポジット被膜の摺動特性評価と金属への応用
3. 学会等名 日本機械学会東北学生会 第51回学生員卒業研究発表講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yoshihito Ozawa and Takumi Ozawa
2. 発表標題 Effect of Electrical Current on Tribological Properties of C/C Composite with Cellulose Nano Fiber of Bacterial Cellulose
3. 学会等名 The 7th Asian Conference on Mechanics and Functional Materilas and Structures (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小澤 匠, 小沢 喜仁
2. 発表標題 天然繊維由来C/C コンポジットの通電下における摺動特性
3. 学会等名 日本機械学会 2019年度年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小沢 喜仁, 小澤 匠
2. 発表標題 セルロース・ナノ・ファイバーを用いた C/C コンポジットの摩擦摩耗特性に及ぼす温度・通電環境の影響
3. 学会等名 日本機械学会 M&M2019材料力学カンファレンス
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yoshihito OZAWA, Takumi OZAWA, Tokio KIKUCHI
2. 発表標題 Tribology Properties of C/C Composite Materials with Cellulose Nano Fibre Against OFC Rotor Properties
3. 学会等名 The 12th Korea-Japan Joint Symposium on Composite Materials (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小沢 喜仁, 武井 克己
2. 発表標題 銅粉末を添加した天然繊維由来C/Cコンポジットの摺動特性および電氣的の評価
3. 学会等名 日本機械学会東北学生会 第 50 回学生員卒業研究発表講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小沢 喜仁, 川又 尚
2. 発表標題 天然繊維由来 C/Cコンポジット皮膜の摺動特性評価
3. 学会等名 日本機械学会東北学生会 第 50 回学生員卒業研究発表講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小澤 匠, 小沢 喜仁
2. 発表標題 バクテリアセルロース由来CNFを用いたC/Cコンポジットの銅に対する摩擦・摩耗特性
3. 学会等名 第 1 1 回日本複合材料会議 (JCCM-11)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Y. Ozawa, T. Kikuchi, Y. Asano, K. Takasawa
2. 発表標題 Wear Properties of C/C Composites with Bacterial Cellulose and Thin Coating Films
3. 学会等名 The 10th International Conference on Green Composites (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 渋谷嗣, 小沢喜仁
2. 発表標題 微視的纖維網を有する機能性材料のジュール発熱を伴う接触挙動の解析
3. 学会等名 日本機械学会 M&M2018材料力学カンファレンス
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小沢喜仁, 小澤 匠
2. 発表標題 バクテリア・セルロースを用いたC/Cコンポジットの銅を相手材とした摩擦・摩耗特性と電気抵抗測定
3. 学会等名 日本機械学会東北支部 東北学生会第49回 卒業研究発表講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yotsugi Shibuya, Yoshihito Ozawa
2. 発表標題 A Multi-Scale Model for Simulation on Contact Behavior of Nano-C/C Composites Under Electric Current
3. 学会等名 The 12th International Conference on Thermal Stresses TS2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yoshihito Ozawa, Takumi Ozawa
2. 発表標題 Tribology Properties and Electrical Resistivity of C/C Composite with Bacterial Cellulose Under Current Conduction and Thermal Condition
3. 学会等名 The 12th International Conference on Thermal Stresses TS2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 小沢 喜仁、ルハガワスレン・ウーガンスレン、菊地 時雄	4. 発行年 2020年
2. 出版社 技術情報協会	5. 総ページ数 550
3. 書名 「高分子のトライボロジー制御」 摩擦・摩耗・潤滑・濡れ・触感	

〔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	渋谷 嗣 (SHIBUYA Yotsugi) (00154261)	秋田大学・電動化システム共同研究センター・特別教授 (11401)	

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