

2021 年度
創発的研究支援事業 年次報告書

研究担当者	古賀 大尚
研究機関名	大阪大学
所属部署名	産業科学研究所
役職名	准教授
研究課題名	生物素材を用いた持続性エレクトロニクスの創成
研究実施期間	2021 年 4 月 1 日～2022 年 3 月 31 日

研究成果の概要

本研究では、生物素材を有用な電子材料に変換し、デバイス機能・用途を開拓することで、全て生物素材由来の持続性エレクトロニクスの実現を目指す。2021 年度は、樹木ナノセルロース由来の紙「ナノペーパー」の①電気特性制御、および、ナノペーパーへの②電子回路作製に取り組んだ。

①電気特性制御

ナノペーパーは、電子が束縛された sp^3 カーボン分子構造からなるため、電気を通さない絶縁体である（電気抵抗率: $10^{14} \Omega \text{ cm}$ ）。そこでナノペーパーを炭化すると、 $300 \sim 1100 \text{ }^\circ\text{C}$ まで炭化温度を上げるにつれて、電子が移動しやすい sp^2 カーボン分子構造が段々と成長し、電気抵抗率が $10^{12} \sim 10^{-2} \Omega \text{ cm}$ まで低下した。すなわち、段階的に炭化を進行させることで、絶縁体～準導体まで広範かつ系統的に電気特性を制御することができた。この際、炭化温度 $650 \text{ }^\circ\text{C}$ 以下では主な電荷キャリアが電子（n 型）、 $750 \text{ }^\circ\text{C}$ 以上では正孔（p 型）であることも見出した。以上から、炭化ナノペーパーは、電気特性を広範かつ系統的に制御可能な新規半導体として期待できる。

②電子回路作製

デバイスの作製に向け、ナノペーパーの電気特性を広範かつ系統的に制御し、さらにその電気特性をパターンニングする技術も重要となる。まず、ナノペーパーへの CO_2 レーザー照射による炭化パターンニング・電気特性制御を検討した。大気下で CO_2 レーザー照射条件を検討した結果、照射箇所の電気抵抗率を $10^2 \Omega$ 程度まで低下させることができた。このレーザー炭化配線は、微小電流を検出するためのセンサ用電極として十分な導電性を持つ。そこで、ナノペーパー自身がイオン伝導性に由来する湿度センシング機能を有することを活かし、レーザー炭化電極と合わせ、オールナノペーパー・湿度センサを試作・動作実証することに成功した。全て生物素材由来の電子デバイスの先駆けとなる意義深い成果である。