

補助事業番号 2023M-308

補助事業名 2023年度 セルロースナノネットワーク構造を利用した

軽量・高強度な紙管フレーム材用機能紙の開発 補助事業

補助事業者名 愛媛大学 紙産業イノベーションセンター 伊藤弘和

## 1 研究の概要

カーボンニュートラルな社会実現に向けた取組みの一助として、車いすや自転車等の軸構造を有する製品のフレーム材として使用されている繊維強化プラスチック(FRP)を再生可能資源であるセルロースナノファイバー(CNF)を用いた紙管フレームで代替する技術開発を推進する。また、受益者に対してもFRPにはない価値の付与も目指す。さらに、開発成果の実用化促進に向け、実際の製造ラインでの試作等も実施する。

## 2 研究の目的と背景

車いすや自転車等の軸構造を有する製品に使用されている繊維強化プラスチック(FRP)は、金属に比べ軽量で高強度な材料として広く普及している。しかしながら、FRPは、カーボンニュートラルの観点から、石油由来プラスチックを使用している点、リサイクルが困難な材料である点など課題もある。そこで、本研究では、再生可能資源であるセルロース材料を利用し、FRPの代替となるフレーム材の開発が目的となる。

## 3 研究内容

### (1)FRPフレームを代替するCNF紙管材料開発 (<http://piice.ccr.ehime-u.ac.jp/result>)

微細なセルロース繊維であるCNFを用い、緻密なネットワーク構造を有したシートを作製する。CNFシート作製は、水分散状のCNFをシート状に脱水し(ウェットシート)、熱プレスにより成形して得られる。本課題では、CNFの種類、熱プレス前のウェットシートの含水率、シートの坪量等の条件を検証した。この結果、CNFの形状や双方向への配向制御等の条件を見出し、軽量で(密度 $1.4\text{g}/\text{cm}^3$ 以下)で高強度(引張強度 $100\text{MPa}$ 以上)のCNF紙管の基材となるCNFシート作製を実現した。

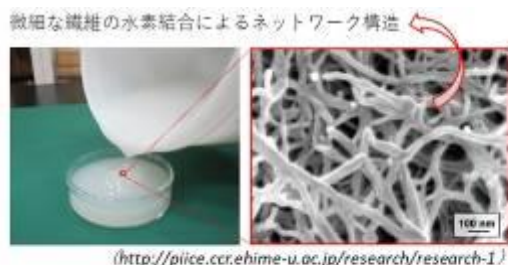


図1 CNFスラリーと拡大画像(参考図)

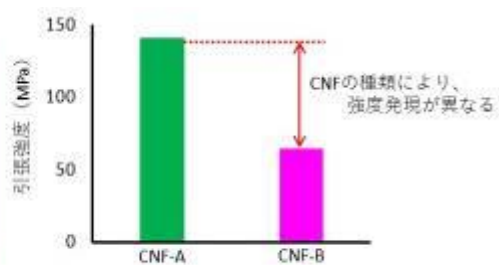


図2 種類の異なるCNFを使用したシートの引張強度

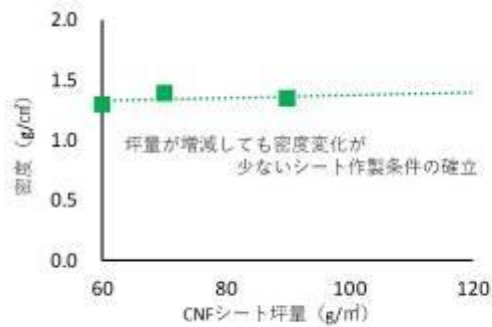


図3 CNF-Aシートにおける坪量と密度の関係

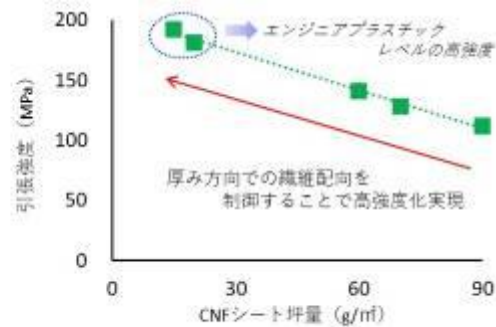


図4 CNF-Aシートにおける坪量と引張強度の関係

(2) 製品化に向けたCNF紙管製造技術の開発 (予定: <http://piice.ccr.ehime-u.ac.jp/result>)

CNFは保水性が高く、ハンドリングできるウェットシート状態でも70%以上の含水率を有している。したがって、熱プレス段階で水分を除去する際、収縮が生じる。また、本課題では、まず、熱収縮を抑制できるウェットシート条件を確立した。次に、製品化に向け、この条件でCNF連続脱水装置を用い、均質なCNFシートの連続生産を実現した。この連続生産したウェットシートを用い、CNF紙管を作製において、紙筒を芯材に用いることで、生産性の向上、高価なCNF使用量の削減等から、FRP同等レベルの加工費が見込まれる。

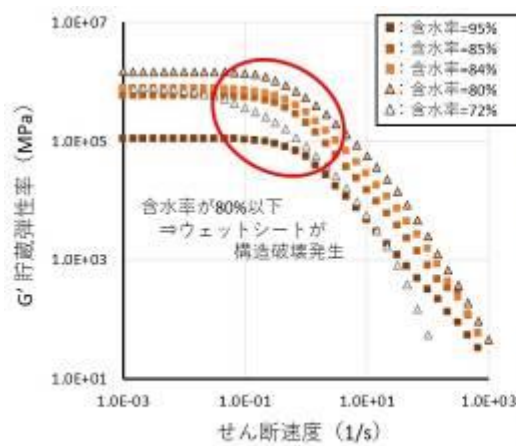


図5 ウェットシートの適正含水率検証



図6 連続CNF脱水/シート化装置

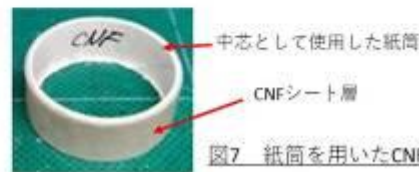


図7 紙筒を用いたCNF紙管

(3) 社会実装に向けた準備 (予定: <http://piice.ccr.ehime-u.ac.jp/result>)

実用化に向けては、フレーム材における様々なニーズに対応できるカスタマイズ技術が必要となる。フレーム材のニーズとしては多岐であるが、その中で重要な機能である「しなり＝弾性率」の制御をCNFウェットシートに樹脂を添加することで検証した。樹脂の添加により、約3GPaの幅でコントロールできることが確認できた。一方、環境因子において、FRPに対して差別化するためには、使用原料だけでなく、リサイクル性も重要で、CNF紙管をプラスチック補強材に活用するリサイクル手法を実証した。

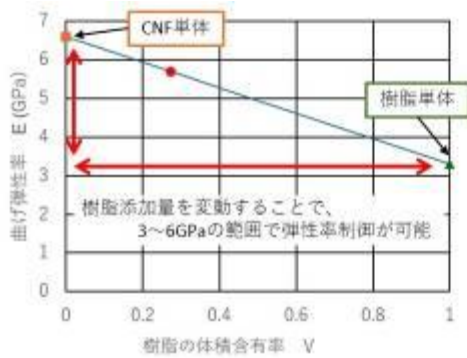


図8 CNF紙管における弾性率と樹脂添加量の関係

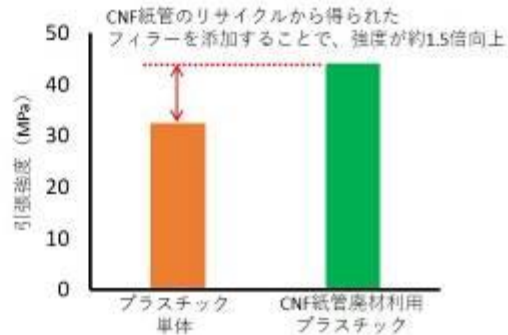


図9 CNF紙管リサイクル材添加プラスチック

#### 4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

本研究成果は、石油系プラスチック削減として、車いすや自転車等の軸部材への利用が期待でき、これら用途以外にも、フレーム形状のFRPは、機械部品や建材等、様々な用途に展開が可能である。また、本研究ではフレーム形状のFRP製品代替であるが、CNFウェットシートはフレキシブルな材料のため、板状や異形製品などの多くのFRP製品にも代用が期待できる。さらに、FRPにはない透明性を有しているため、高強度塗装などの仕上げ材分野にも展開が可能である。木材の仕上げ材に用いれば、耐久性が格段に向上し、木材利用促進にも寄与できる。



#### 5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

研究代表者が所属する学部は、社会共創学部産業イノベーション学科紙コースで、本研究成果は、紙技術の新たなイノベーションと環境貢献(カーボンニュートラル)を橋渡しできる教材となる。実際に、現在2名の学生が、卒業研究テーマとして、CNFシートを研究しており、今後も継続予定である。一方、専門研究は、セルロース材料と樹脂材料の複合材であり、CNFウェットシートへの樹脂添加等による機能化研究は継続する。さらに、所属機関である紙産業イノベーションセンターは、地域紙産業の発展に帰するイノベーション創出がミッションであり、紙の新たな用途展開として、脱プラ技術は地域企業と連携して進めている。本研究は、この課題の一つとして位置づけている。

#### 6 本研究にかかわる知財・発表論文等

現在、本研究成果に関する特許の申請準備中で(2024年12月までには申請完了予定)、特許出願後、論文等の対外発表の予定である。

## 7 補助事業に係る成果物

### (1)補助事業により作成したもの

本研究で作製したCNF紙管を用い、競技用車いすを想定した車軸を試作した。

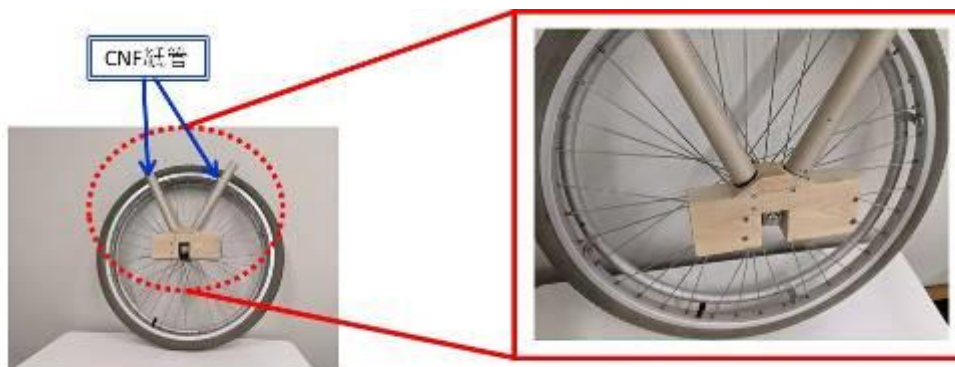


図10 競技用車いすを想定した車軸へのCNF紙管利用例（試作品）

### (2)(1)以外で当事業において作成したもの

該当なし。

## 8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名：愛媛大学イノベーション創出院

（エヒメダイガク イノベーションソウシュツイン）

住 所：〒799-0113

愛媛県四国中央市妻鳥町乙127

担 当 者：准教授 伊藤弘和（イトウヒロカズ）

担 当 部 署：紙産業イノベーションセンター（カミサンギョウイノベーションセンター）

E - m a i l：ito.hirokazu.zk@ehime-u.ac.jp

U R L： <http://piice.ccr.ehime-u.ac.jp/>