

国内林産資源を活用したナノセルロース複合スーパーマテリアルの商品開発

27006C	分野	適応地域	【研究グループ】	【研究タイプ】
	林業・林産 一木材利用	全国	信州大学、東京大学大学院、東京工業大学物質理工学院 京都工芸繊維大学、長野県森林組合連合会、日信工業(株) バンドー化学(株)、横浜ゴム(株)、ナノコンポジット研究会	現場ニーズ対応型
			【研究総括者】	【研究期間】
			国立大学法人信州大学 カーボン科学研究所 野口 徹	平成27年～29年(3年間)

キーワード カラマツ、セルロースナノファイバー(CNF)、TEMPO酸化CNF(TOCN)、弾性混練、セルレーション理論

1 研究の目的・終了時達成目標

国土の67%を占める森林資源、あるいは廃材、古材を含む木質バイオマスを循環利用し、林業の成長産業化を推進する。長野県ではカラマツを含む人工林は、その多くが間伐を必要とする林齢を迎えており、有効利用が強く求められている。本研究では東京大学磯貝研究室で開発されたTEMPO触媒酸化法により調製される繊維径3~4nmの極細繊維を、信州大学にて開発した弾性混練法により発現するセルレーション構造を用いてゴム製品などの複合化に応用し、高強度で柔軟性を持つスーパーマテリアルの製品化を目指す。

2 研究の主要な成果

- ① 長野県産カラマツ材からTEMPO酸化触媒法によりセルロースナノファイバー(以下CNF)の作製を実現した。
- ② 複合化方法として、ラテックスゴムとCNF水分散液を用いる二段階弾性混練法、並びに汎用ゴムとCNF繊維体を用いる一段直接混練(CWSolid)法を開発した。
- ③ 複合材中にCNFが形成する立体構造を解析し(セルレーション構造)、その補強メカニズムを解明した。
- ④ 以上を活用した産業機器用ゴム部品ならびエコタイヤ用新素材開発を進め、製品適用評価を開始した。

公表した主な特許・品種・論文

- ①特願 2017-002760 繊維材料及び繊維材料の製造方法並びに複合材料及び複合材料の製造方法(日信工業株式会社:国立大学法人信州大学)
- ②特願 2017-002761 膨潤繊維材料及び膨潤繊維材料の製造方法並びに複合材料及び複合材料の製造方法(日信工業株式会社:国立大学法人信州大学)
- ③特願 2017-002762 ゲル状態及びゲル状態の製造方法並びに複合材料及び複合材料の製造方法(日信工業株式会社:国立大学法人信州大学)

3 開発した技術・成果の実用化・普及の実績及び今後の展開

- ①長野県産カラマツ材チップから、主酸化剤を従来と同等の量でCNF収率90%以上を達成した。工業化に向けて更に高効率化を図る。活用に向けては木材調達の一貫したシステム構築が必須である。
- ②CNF/ゴム複合による新素材を用いた商品化を進める(エコタイヤ、自動車用部品、産業機器ゴム部品)。

【今後の開発・普及目標】

- ① 2年後(2019年度)は、CNF調製の更なる効率化と、ゴム複合材の製品適合評価を完了する。
- ② 5年後(2022年度)は、国内産針葉樹の供給システムを構築し、補強材市場にてCNF10%を見込む。
- ③ 最終的には、国内森林資源の活用によって林業活性化と関連事業の拡大を図り、脱カーボン化社会の実現に貢献する。

4 開発した技術・成果が普及することによる波及効果及び国民生活への貢献

- ① CNFの補強材市場における国内市場10%を想定すると、針葉樹素材43万m³、56億円/年となる。又、世界市場10%は素材783万m³、1,011億円/年が期待される(H28年長野産カラマツ木材価格より試算)。
- ② 本研究成果を活用した新素材によるエコタイヤ、Vベルトは、自動車や資源開発・産業機器の軽量化と高耐久性の実現を可能とし、グリーンマテリアルとして環境型社会の実現に貢献する。

(27006C) 国内林産資源を活用したナノセルロース複合スーパーマテリアルの商品開発

研究終了時の達成目標

国内産針葉樹(長野県産カラマツ)を原料にセルロースナノファイバーを作製、ゴムと複合化した新素材を開発し、エコタイヤや自動車部品、産業機器部品の商品化を図る。

研究の主要な成果

1. 長野県産カラマツ材を原料に、TEMPO(2,2,6,6-tetramethyl piperidine-1-oxyl radical)触媒を用いた酸化処理によりセルロースナノファイバー(TOCN)を作製した。原子間力顕微鏡像を図1に示す。

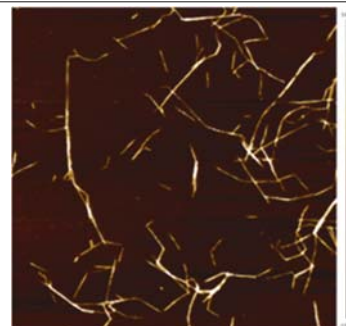


図1 カラマツ材TEMPO酸化CNF(TOCN)

2. 上記CNFを弾性混練法(図2)にてゴム中に解繊し、セルレーション構造(図3)を形成することにより、ゴム材の剛性と伸びが著しく強化される(図4)。

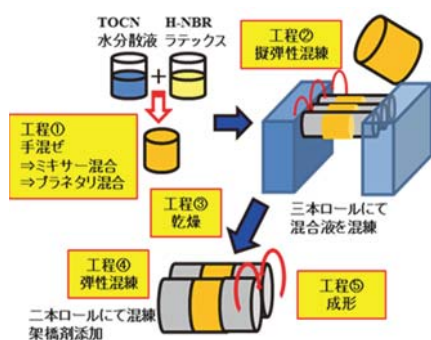


図2 弾性混練法

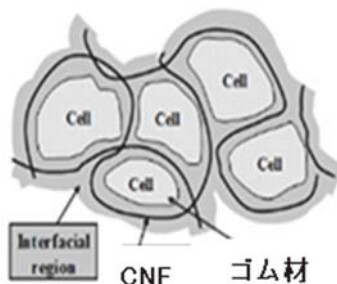


図3 セルレーション構造

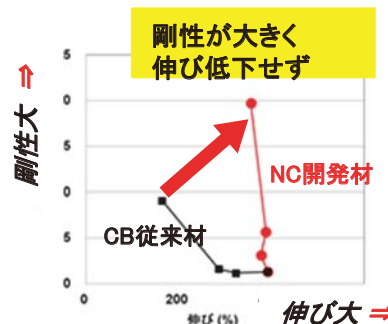


図4 剛性と伸びの関係(CB:カーボンブラック/NC:ナノセルロース)

3. 上記補強構造を活用した製品開発

3-1. 開発製品:

- ① 資源開発用シール材(図5)
- ② 伝動ベルト
- ③ エコタイヤ用素材

3-2. 特徴:

- ① 軽量化: 従来比較27%減
- ② 剛性アップ: 2~5倍
(但し、ゴム複合材の伸び100~300%における応力値)



図5 シール材開発品

今後の展開方向

- ① エコタイヤ、自動車用部品及び産業機器用ゴム部品の補強材として適用を拡大する。開発した新素材にて実用化評価・耐久性試験を継続し、製品化を図る。
- ② 国内針葉樹の伐採~チップ加工の一貫したプロセス構築が必須である。

実用化・普及することによる波及効果及び国民生活への貢献

国内産針葉樹材の32%がCNFに変換可能。国内人工林の97%を占めるカラマツを含む針葉樹蓄積量から1,347百万トンの木材チップ作製が可能(H27年度木材統計より)。一方、カーボンブラックのゴム補強材需要は全世界にて年間1,140万トン。エコタイヤ、自動車用部品、産業機器ゴム部品の補強材用途10%を見込み、木材素材783万 m^3 /年、1,011億円(H28年長野県カラマツ素材価格)を期待。CNF複合材を自動車部品やタイヤに活用した軽量化、長寿命化を実現し、環境型社会実現に寄与。更に、森林保護と国土保全にも貢献。