

ナノセルロースの製造技術と応用展開

Manufacturing Technology and Application of Nanocellulose

監修 磯貝 明 (東京大学)

ナノセルロースフォーラム 人材育成分科会

- ★新素材で広がる“ナノセルロース”の製造、利用、最新動向を網羅！
- ★多様なセルロースナノファイバーの作製技術と構造、その特性を紹介！
- ★カナダや米国などの海外におけるナノセルロース研究の最新動向！
- ★包装材料、電子材料、化粧品、食品、日用品などの用途開発の参考に！

■発行：2016年4月11日
■定価：本体65,000円＋税
■体裁：B5判・上製・約240頁
■編集発行：(株)シーエムシー・リサーチ
■ISBN978-4-904482-26-1

＝ 刊行にあたって ＝

日本の森林資源の多くは伐採－運搬が困難な急斜面にあることや、個人レベルでの林業の業態にも課題がある。カーボンニュートラルとみなされている木材の利用拡大による植林－林業の育成は二酸化炭素の固定化、疲弊する森林産業の活性化などにつながる。しかし、従来型の出口である建材・紙パルプの国内での消費量の増加は期待できない。そこで、近年になって木質バイオマスの新しい利用が検討されてきた。その代表として木材チップの発電を含む燃料利用、セルロースを原料とする非可食性バイオエタノール生産、バイオプラスチック生産、そしてセルロースナノファイバーがその候補として挙げられる。

これらのうち、セルロースナノファイバーの量的質的な利用の拡大は、大気中のCO₂を固定化した木材資源をCO₂に戻さずに、マテリアルとして身の回りに蓄積することが可能である。そして、木材伐採後に植林を継続することにより、従来にない、新たなカーボンニュートラルのサイクルを構築し、大気中のCO₂の固定化－削減に寄与できる。

20世紀末から、新しい学術・技術分野であるナノテクノロジーに光が当たり、様々な有機・無機ナノ材料が調製され、分析・解析され、従来にない優れた特性が見いだされ、一部では産業としての生産・利用への転換がはかられてきた。セルロースナノファイバーの元となる結晶性の「セルロースマイクロフィブリル」は既に生合成の段階で植物細胞壁内に無数に存在しており、種によらずほとんどが3mmの超極細均一幅である。セルロースマイクロフィブリルの特徴は、セルロース分子30～40本が一方に並んだ構造を有しており、地球上で最も多量に生物生産され、蓄積されている。人工的には決して得られないバイオ系ナノ素材である。21世紀の初頭から、日本では京都大学の矢野浩之教授らが中心となり、積極的にセルロースナノファイバーの効率的な調製方法、前処理方法、構造解析、透明光学フィルムや軽量高強度複合材料の検討を進めてきた。したがって、セルロースナノファイバーに関しては、資源、技術、学術の分野で世界をリードし、循環型社会基盤・低炭素社会の構築を日本が世界に先駆けて進めることができるポテンシャルがある。

しかし、セルロースナノファイバーはシーズから生まれた新規バイオ系ナノ素材である。特に利用や応用分野では、幅広い分野の技術者・研究者が、垂直・水平連携によってその適正な商品化出口を見出す必要があり、それは容易なことではない。本書が、セルロースナノファイバーの実用化・商品化を検討されている方々に少しでもお役にたつことができれば幸いである。(「はじめに」より一部抜粋)

ナノセルロースフォーラム人材育成分科会 磯貝 明 (東京大学)

執筆者一覧

京都大学 矢野浩之 東京大学 磯貝 明 産業技術総合研究所 遠藤貴士 九州大学 近藤哲男 (株)スギノマシン 小倉孝太 旭化成せんい(株) 小野博文 旭化成せんい(株) 河原一文 モリマシンナリー(株) 山本顕弘 愛媛大学 秀野晃大 京都大学 阿部賢太郎 愛媛大学 内村浩美	星光PMC(株) 黒木大輔 星光PMC(株) 関口尊文 トクラス(株) 伊藤弘和 京都市産業技術研究所 仙波 健 京都市産業技術研究所 伊藤彰浩 京都市産業技術研究所 上坂貴宏 京都市産業技術研究所 北川和男 三菱エンジニアリングプラスチック(株) 櫻澤麻希子 住友ゴム工業(株) 馬淵貴裕 花王(株) 熊本吉晃	花王(株) 向井健太 花王(株) 塩見浩之 大王製紙(株) 大川淳也 凸版印刷(株) 加藤友美子 凸版印刷(株) 磯貝拓也 大阪大学 能木雅也 第一工業製薬(株) 神野和人 森林総合研究所 林 徳子 大阪大学 古賀大尚 花王(株) 吉田 穰 森林総合研究所 藤澤秀次	東京大学 齋藤継之 東京大学 田仲玲奈 東京農工大学 小瀬亮太 立教大学 上谷幸治郎 信州大学 荒木 潤 産業技術総合研究所 清水美智子 日本製紙(株) 高市賢志 九州大学 横田慎吾 産業技術総合研究所 平田悟史
---	---	---	--

注文書

品名	ナノセルロースの製造技術と応用展開	定価	65,000円＋税
組織名		TEL	
部課名		FAX	
お名前		E-mail	
住所	〒		

お申込み・お問合せ

【お問い合わせ】
(株)シーエムシー・リサーチ
TEL:03(3293)7053
東京都千代田区神田錦町2-7
URL:<http://www.cmcre.com>
E-mail: re@cmcre.com

【お申込みFAX番号】
03-3291-5789

*書籍はご注文を受けた翌営業日に納品書・請求書とともに送付します。*お支払いは請求書指定口座に納品日の翌末日までに振り込みでお願いします。

構成および内容

I 編 ナノセルロースの製造

第1章 機械的処理によるセルロースナノファイバーの製造

矢野浩之

- 1 バルブの機械的解繊について
- 2 機械的解繊手法の比較
- 3 おわりに

第2章 製紙用バルブのTEMPO酸化前処理で得られるセルロースナノファイバーの構造と特性

磯貝 明

- 1 はじめに
- 2 天然セルロース（製紙用バルブ）のTEMPO触媒酸化
- 3 繊維状酸化セルロースからTEMPO酸化セルロースナノファイバーへの変換
- 4 TOC、TOCNの特性
- 5 TOCNの平均長さ測定
- 6 TOCN/水分散液の耐塩性
- 7 TOCNの効率的表面改質
- 8 TOCN表面の対イオン交換による疎水性付与
- 9 まとめ

第3章 木質からのリグノセルロースナノファイバー製造技術

遠藤貴士

- 1 はじめに
- 2 セルロースナノファイバーの製造方法とその特徴
- 3 木質からのナノファイバー製造原理
- 4 木質の直接的ナノファイバー化メカニズム
- 4.1 木質の強靱化要因の除去
- 4.2 複合処理による効率的ナノファイバー製造
- 5 ナノファイバー生成度合いの評価方法
- 6 リグノセルロースナノファイバーの表面構造
- 7 リグノセルロースナノファイバーの材料利用性
- 8 おわりに

第4章 疎水性表面を有する水中対向衝突(ACC)型ナノセルロースの製造

近藤哲男

- 1 はじめに
- 2 ACC法とは?
- 3 「セルロースに優しいナノ化」としてのACC法
- 4 両親媒性を示すACC-ナノセルロース
- 4.1 疎水性樹脂表面コーティング剤としてのACC-ナノセルロース
- 4.2 Pickering エマルション形成ならびにその安定性の溶媒依存性
- 5 高圧水流微細化法の違いにより製造される異なる性質を有するナノセルロース
- 5.1 キャストフィルムの引張強度
- 5.2 キャストフィルムの対水接触角
- 6 おわりに

第5章 ウォータージェット法によるナノセルロースの製造

小倉孝太

- 1 はじめに
- 2 ウォータージェット法を利用したCNF製造装置
- 2.1 ウォータージェット法の概要
- 2.2 CNF製造方法
- 2.3 ナノファイバー化のドライビングフォース
- 3 ウォータージェット法で製造したCNFの特徴
- 3.1 外観
- 3.2 レオロジー特性
- 3.3 重合度および結晶化度
- 3.4 安全性
- 4 ウォータージェット法によるCNF製造プラントとCNF販売
- 5 化学処理後の機械的解繊処理
- 6 おわりに

第6章 ナノセルロースの製造

小野博文、河原一文

- 1 微細化におけるセルロースの特徴
- 2 ナノセルロースの原料
- 3 ナノセルロースの製造方法
- 3.1 CNCの製造方法
- 3.2 CNFの製造方法
- 3.2.1 機械的処理によるダウンサイジング
- 3.2.1.1 CNF製造のための前処理
- 3.2.1.2 高圧ホモジナイザー・超高圧ホモジナイザーによる製造
- 3.2.1.3 グラインダー、ミルによる製造
- 3.2.1.4 超音波法による製造
- 3.2.2 化学的処理によるダウンサイジング
- 3.2.2.1 化学的処理によるCNF表面のアニオン化、カチオン化
- 3.2.2.2 TEMPO酸化触媒によるナノファイバー化
- 4 キチン・キトサンナノファイバーの製造方法
- 5 おわりに

第7章 木材から製造したリグノセルロースナノファイバーとその特性

山本顕弘

- 1 はじめに
- 2 木材の粉碎
- 2.1 木材の粉碎方法
- 2.2 木材を微粉砕する工程
- 3 新しい微粉砕装置の開発
- 4 リグノセルロースナノファイバー
- 4.1 成分分析結果
- 4.2 観察結果
- 4.3 各種分析結果
- 4.3.1 粘度
- 4.3.2 結晶化度
- 4.3.3 比表面積
- 5 プラスチックとの複合化
- 6 用途と展望

第8章 酵素を用いた地域セルロース資源からのセルロースナノファイバー調製に向けた取り組み

秀野見大、阿部賢太郎、内村浩美、矢野浩之

- 1 はじめに
- 2 CNF調製における酵素の利用について
- 3 ベクチナーゼを用いた柑橘類果皮からのCNF調製について
- 4 セルラーゼを用いたコットンのナノ解繊について
- 4.1 愛媛県におけるコットンについて
- 4.2 コットンに対するセルラーゼの影響
- 4.3 グラインダー処理に対するセルラーゼ処理の効果
- 4.4 高圧ホモジナイザー処理に対するセルラーゼの効果
- 4.5 コットンのナノ解繊試料の物性について
- 5 まとめ

II 編 ナノセルロースの利用

第1章 プラスチック複合材料

1 変性セルロースナノファイバー強化樹脂材料の開発

黒木大輔、関口尊文

- 1.1 はじめに
- 1.2 変性セルロースナノファイバー強化ポリエチレンの射出成型条件
- 1.2.1 サンプルの調製
- 1.2.2 射出条件による引張強度への影響
- 1.2.3 射出成型片の偏光顕微鏡観察
- 1.2.4 熔融粘度と流動性
- 1.2.5 まとめ
- 1.3 変性CNF強化PEの微細発泡成形への適用事例
- 1.3.1 サンプルの調製
- 1.3.2 微細発泡体の発泡状態の観察
- 1.3.3 微細発泡体の力学特性
- 1.3.4 まとめ
- 1.4 おわりに
- 2 プラスチック複合材料

伊藤弘和

- 2.1 はじめに
- 2.2 CNFのプラスチック利用における課題
- 2.2.1 CNFの凝集
- 2.2.2 CNFとプラスチックの相容化
- 2.3 CNFとプラスチックの複合化事例①
- 2.3.1 CNFの表面処理
- 2.3.2 ケイ酸カルシウム表面処理CNFの性能
- 2.4 CNFとプラスチックの複合化事例②
- 2.4.1 CNF添加ウッドプラスチックコンパウンドの調製
- 2.4.2 CNF添加ウッドプラスチックの性能
- 2.5 CNFとプラスチックの複合化事例③
- 2.5.1 CNF入り木粉の製造
- 2.5.2 CNF入り木粉を用いたウッドプラスチックの強度
- 2.6 まとめ
- 3 セルロースナノファイバーと熱可塑性樹脂との複合化
- 3.1 はじめに
- 3.2 セルロース強化熱可塑性樹脂材料
- 3.2.1 セルロースの化学変性
- 3.2.2 セルロースと熱可塑性樹脂の複合化
- 3.3 CNF強化熱可塑性樹脂の発泡成形
- 3.3.1 CNF強化PP発泡体の気泡構造と機械的特性
- 3.4 CNFの染色による材料着色技術の開発
- 3.4.1 CNFの染色
- 3.4.2 染色CNF/熱可塑性樹脂複合材料の作製
- 3.5 おわりに
- 4 ナノセルロースのエンジニアリングプラスチックへの複合化

仙波 健、伊藤彰浩、上坂真貴、北川和男

- 4.1 はじめに
- 4.2 CNFとPOMの複合化
- 4.2.1 CNFとPOMの複合材料の作製
- 4.2.2 バルブの解繊状態、CNFの分散状態
- 4.2.3 CNF濃度の影響
- 4.3 POM複合材料におけるCNFと無機フィラーとの比較
- 4.3.1 機械物性、耐熱性、比重
- 4.3.2 撓動性
- 4.3.3 吸水性
- 4.3.4 耐疲労特性
- 4.3.5 線膨張係数
- 4.4 CNF強化POMに期待される用途

櫻澤麻希子

- 4.5 CNF強化POMの課題
- 4.5.1 耐熱性
- 4.5.2 解繊性、分散性
- 4.5.3 流動性
- 4.6 おわりに

第2章 ゴム複合材料

1 ゴム複合材料

馬淵貴裕

- 1.1 ゴムの概要
- 1.2 ゴム業界の環境への取り組みとCNFの適用
- 1.3 CNFのゴム複合材料への適用に向けた取り組み
- 1.3.1 CNF強化ゴム材料の作製方法
- 1.3.2 CNF/ゴム材料の複合化パラメータの影響
- 1.3.2.1 CNF原料内のリグニンの有無による力学特性への影響
- 1.3.2.2 CNFの解繊手法による力学特性への影響
- 1.3.2.3 ウェットマスターバッチ作製時の分散手法による力学特性への影響
- 1.3.2.4 CNFの繊維長が及ぼす力学特性への影響
- 1.3.2.5 CNFのゴムへの配合量による力学特性への影響
- 1.3.2.6 CNFとゴムの界面制御による力学特性への影響
- 1.3.2.7 CNFと混合される原料ゴムラテックスの違いによる力学特性への影響
- 1.3.3 グラフトNRとアミノシラン水溶液を用いた界面補強事例
- 1.3.4 CNF表面を不飽和脂肪酸で改質した界面補強事例
- 1.3.5 CNF表面をアセチル化修飾した界面補強事例
- 1.3.6 CNF表面をTEMPO触媒酸化させた界面補強事例
- 1.3.7 CNFのゴム複合材料への適用に向けた取り組みのまとめ
- 1.4 今後の展望
- 2 セルロースナノファイバーによるゴムの補強

第3章 包装材料

1 ガスバリアフィルムの応用

熊本吉晃、向井健太、塩見浩之

- 1.1 はじめに
- 1.2 TOCN 薄膜の酸素バリア機能
- 1.3 バリア発現メカニズムのシミュレーション
- 1.4 おわりに
- 2 セルロースナノファイバーを用いたガスバリア性積層紙の開発

大川淳也

- 2.1 はじめに
- 2.2 実験方法
- 2.2.1 CNFの調製
- 2.2.2 酸素バリアシートの作製
- 2.2.3 フィルム/CNF/紙 積層の連続シートの試作
- 2.2.4 水蒸気バリアシートの作製
- 2.2.5 ガスバリアシートの評価
- 2.3 結果および考察
- 2.3.1 機械的処理のみで製造したCNFの酸素バリア性能
- 2.3.2 実用的に製造できる酸素バリアシートの開発
- 2.3.2.1 CNF 塗工紙
- 2.3.2.2 CNF 塗工フィルム
- 2.3.2.3 フィルム/CNF/紙 積層シート
- 2.3.2.4 酸素バリア性積層紙の連続シート試作
- 2.3.3 CNF 積層酸素バリア紙への水蒸気バリア性の付与
- 2.3.3.1 層状化合物配合の効果
- 2.3.3.2 層状化合物の機械的処理の効果
- 2.4 おわりに
- 3 ナノセルロースの包装材料としての利用
- 3.1 はじめに
- 3.2 セルロースナノファイバーのガスバリア性
- 3.2.1 多価金属イオンを用いたイオン架橋
- 3.2.2 セルロースナノファイバーの表面ジアルデヒド化によるヘミアセタール架橋
- 3.2.3 セルロースナノファイバーの電子線架橋
- 3.2.4 無機層状鉱物との複合化
- 3.2.5 熱硬化性の架橋剤を用いた改質
- 3.3 オールバイオマズバリアフィルム
- 3.4 おわりに

第4章 電子材料

1 ナノセルロースの電子デバイス応用展開

熊木雅也

- 1.1 はじめに
- 1.2 透明な紙：ナノペーパー
- 1.2.1 白い紙と透明な紙
- 1.2.2 ナノペーパーの透明性
- 1.2.3 ナノペーパーの機械的特性
- 1.2.4 ナノペーパーの耐熱性
- 1.2.5 高透明性と高耐熱性の両立
- 1.3 電子デバイスへの応用
- 1.3.1 金属ナノインクを印刷した高導電

- 性配線の開発
- 1.3.2 電気の流れる透明な紙
- 1.3.3 持ち運びしやすいペーパー太陽電池
- 1.3.4 フレキシブル高誘電率ナノペーパー
- 1.3.5 ペーパートランジスタ
- 1.3.6 記憶する紙
- 1.4 まとめ

第5章 化粧品・食品・日用品

1 セルロースシングルナノファイバーからなる新規増粘・ゲル化剤「レオクリスタ」

神野和人

- 1.1 増粘剤の種類
- 1.2 セルロースシングルナノファイバーからなる増粘剤「レオクリスタ」
- 1.3 レオクリスタの粘度挙動
- 1.4 レオクリスタの応用特性
- 1.5 実用例と将来展望

2 ナノセルロースを化粧品・食品等に利用するために

林 徳子

III 編 海外におけるナノセルロース研究の最新動向

第1章 セルロースナノクリスタル基板を用いたリサイクル可能な有機太陽電池の開発

古賀大尚

第2章 迅速にスイッチ可能な水応答性の形状記憶セルロース/エラストマーナノコンポジット

吉田 穰

第3章 セルロースナノクリスタルで架橋した高強度ポリウレタン材料

藤澤秀次

第4章 吸湿により延性を示すナノセルロースフィルムの成形加工

齋藤継之

第5章 カルボキシメチル化されたナノフィブリル化セルロースのレオロジー特性

田仲玲奈

第6章 超撥水紙調製におけるセルロースナノファイバーのバインダーとしての利用

小瀬亮太

第7章 ナノセルロースのキラリティと単繊維の構造

上谷幸治郎

第8章 アニオン性ないし中性高分子を用いたセルロースナノクリスタル紅色固体フィルムの柔軟性および色彩モニタリング

荒木 潤

第9章 ナノフィブリル化セルロースと改質カルボキシメチルセルロースの生物模倣複合材料における非イオン性引力とナノスケール潤滑の直接的測定

清水美智子

第10章 アミド化とエステル化処理によるTEMPO酸化セルロースゲルの疎水化

高市賢志

第11章 セルロースナノロッドの片末端固定化による繊毛状表面構造の創生

磯貝拓也

第12章 界面活性剤-セルロースナノクリスタルにより安定化されたPickeringエマルション

横田慎吾

IV 編 ナノセルロースの研究開発動向

平田悟史

- 1 はじめに
- 2 日本の状況
- 3 海外の状況
- 3.1 カナダ
- 3.2 米国
- 3.3 スウェーデン
- 3.4 フィンランド
- 3.5 ノルウェー
- 3.6 スイス
- 3.7 ドイツ
- 3.8 フランス
- 3.9 南アフリカ、オランダ
- 3.10 イスラエル
- 3.11 オーストラリア
- 3.12 韓国