

# 「ナノセルロースの製造技術と応用展開」 目次

## 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 パルプ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 製紙用パルプの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（製紙用パルプ）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・超高压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 木材の粉砕
  - 2.1 木材の粉砕方法
  - 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 秀野晃大, 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 ペ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NDER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 仙波 健, 伊藤彰浩, 上坂貴宏, 北川和男

- 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 櫻澤麻希子

- 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 パルプの解繊状

- 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 摺動性
  - 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
- 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 矢野浩之

### 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
- 3 ナノセルロースの包装材料としての利用 **加藤友美子, 磯貝拓也**

- 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 オールバイオマスバリアフィルム
- 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 **能木雅也**
  - 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 ペーパーポートランジスタ
    - 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 増粘剤の分類
  - 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虹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