

セルロースナノファイバーによる地域産業の活性化

— CNFの微細化処理回数の違いが紙の引張強さに与える影響 —

製紙科 山口智久*
 CNF科 齊藤将人**

Activation of regional industry by utilizing cellulose nanofiber

— Effects of the number of times cellulose nanofiber is subjected to a pulverizing process on the tensile strength of paper —

Tomohisa YAMAGUCHI and Masato SAITO

Keywords : cellulose nanofiber, retention, handsheet, tensile strength
 キーワード : セルロースナノファイバー、歩留まり、手すき紙、比引張強さ

1 はじめに

セルロースナノファイバー（以下、「CNF」という。）の紙への添加は、一般的には紙の強度を増加させる。しかし、CNFは微細なため抄紙時に網から抜け落ちる量が多く歩留まりが低い¹⁾。また、CNFの微細化が進行するほど歩留まりは低下する。このため、紙の強度を増加させるには、微細化の途中段階に最も効果の高いCNFが存在すると考えた。

本報では、微細化処理回数の異なるCNFを作製し、添加した手すき紙を調製した。歩留まりと引張強さを評価し、微細化処理回数の異なるCNFが手すき紙の引張強さに与える影響を検討したので報告する。

2 方法

2.1 CNFの作製

CNFの作製条件などは表1のとおり。

作製したCNF及び原料のMFCに対して、表2の項目の評価を行った。

2.2 手すき紙の調製

手すき紙の調製条件などは表3のとおり。

調製した手すき紙に対して、表4の項目の評価を行った。

表1 CNFの作製条件

原料	セリッシュ [®] KY-100G(ダイセルファインケム(株)製) (以下、「MFC」という。)
湿式微粒化装置	Star Burst [®] Labo(株)スギノマシン製)
処理圧力	200 MPa
シングルノズルチャンバー	MFC(処理回数0回)を1回処理
ボール衝突チャンバー	1回~20回(シングルノズルチャンバーによる処理回数を含む)

表2 MFC及びCNFの評価項目と評価方法

評価項目	評価方法
繊維形態	デジタルマイクロスコープKH-8700(株)ハイロックス製)と原子間力顕微鏡AFM5500M(株)日立ハイテクサイエンス製) (以下、「AFM」という。)を使用して画像観察 0.001%(w/w)に希釈したCNF及びMFCをシリコン基板上に滴下し、真空乾燥
粒子径	レーザー回折/散乱式粒子径分布測定装置LA-950V2(株)堀場製作所製)を使用し、メジアン径を測定 濃度0.01%(w/w)に希釈
粘度	デジタル回転粘度計DV2T(英弘精機(株)製)を使用 温度25℃、濃度1%(w/w)、剪断速度79.2 s ⁻¹

*) 現 環境衛生科学研究所 大気水質部

**) 現 機械電子科

表3 手すき紙の調製条件

原料	広葉樹晒しクラフトパルプ (以下、「LBKP」という。)
離解	大型パルプ離解機(熊谷理機工業(株)製)を用いて、完全に離解するまで
こう解	ナイアガラビーター(熊谷理機工業(株)製)を用いて、ろ水度400 mLCSF
原質の調成	ブランク(以下、「BL」という。)
	CNF及びMFC未添加
抄紙	CNF及びMFCの仕込み割合
	それぞれ対パルプ10%(w/w)
抄紙	シートの形成
	JIS P 8222に準じ、角型シートマシン(熊谷理機工業(株)製)にて目開き180 μm(80 mesh)の金網を使用。目標調湿坪量は、紙中のパルプ分を64 g/m ²
乾燥	回転型乾燥機(熊谷理機工業(株)製)にて、90℃で4分間

表4 手すき紙の評価項目と評価方法

評価項目	評価方法
MFC及びCNFの歩留まり	CNF内添紙とBLの絶乾質量差を紙中に留まったCNF量として、以下の式により算出した $R = (W_2 - W_3) / W_1 \times 100$ R:歩留まり(%) W ₁ :CNFの仕込み量(g) W ₂ :CNF内添紙絶乾質量(g) W ₃ :BL絶乾質量(g)
比引張強さ	各微細化処理条件10枚ずつ JIS P 8113に準じた

3 結果および考察

3.1 CNF及びMFCの評価結果

作製したCNF及びMFCの観察画像を写真1、粒子径の測定結果を図1、粘度の測定結果を図2にそれぞれ示す。

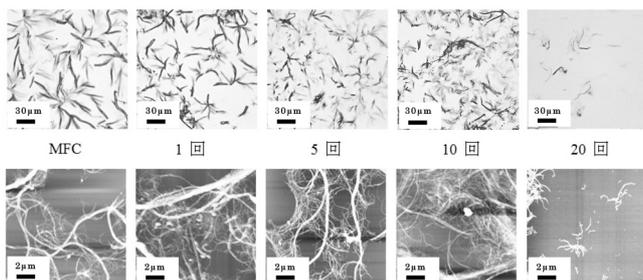


写真1 MFCの処理回数に対する観察画像 (上)デジタルマイクロスコープ (下)AFM

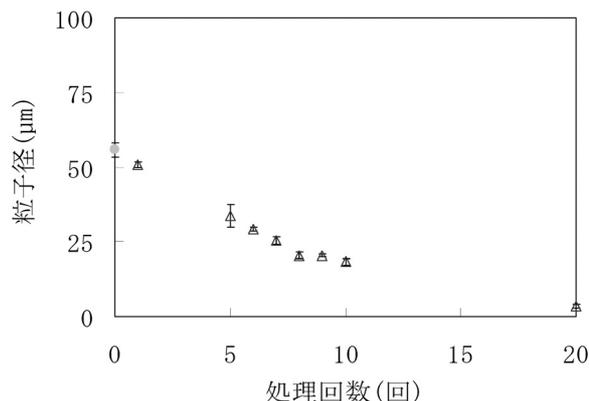


図1 MFCの微細化処理回数に伴う粒子径の変化 (n=3)

● : MFC、△ : 作製したCNF。

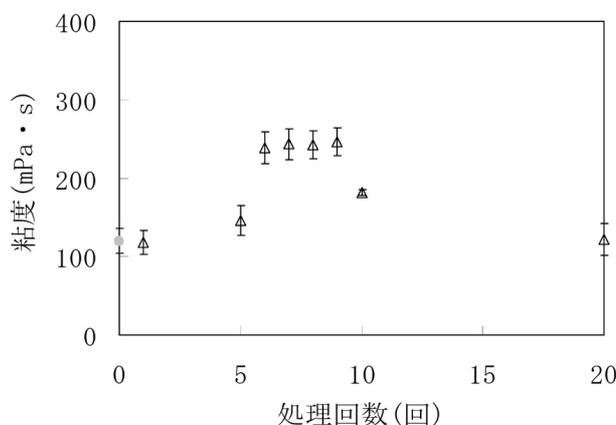


図2 MFCの微細化処理回数に伴う粘度の変化 (n=3)

● : MFC、△ : 作製したCNF。

それぞれ示す。

湿式微粒化装置による処理回数の増加に伴い繊維は微細化され、処理回数20回では、デジタルマイクロスコープで殆ど観察されなくなったと考えられる。粒子径は、処理回数の増加とともに減少することが報告されており²⁾、今回の検討でも同様の傾向が確認された。化学的処理方法で製造されるCNFについて、粘度は短繊維になるにつれて減少することが報告されている³⁾。今回の検討は、物理的な微細化処理であるが、処理回数8回以上での粘度の低下は、同様に短繊維化の影響が考えられた。

3.2 手すき紙の比引張強さとCNF及びMFCの歩留まり

手すき紙の比引張強さとCNF及びMFCの歩留まりの測定結果を図3に示す。

処理回数0回と8回以上の手すき紙中のCNF量と比引張強さを図4に示す。

手すき紙の比引張強さは、処理回数8回のCNFを添加した場合に最大となり、BLから30%以上の強度増加が確認された。CNFの歩留まりは処理回数の増加と

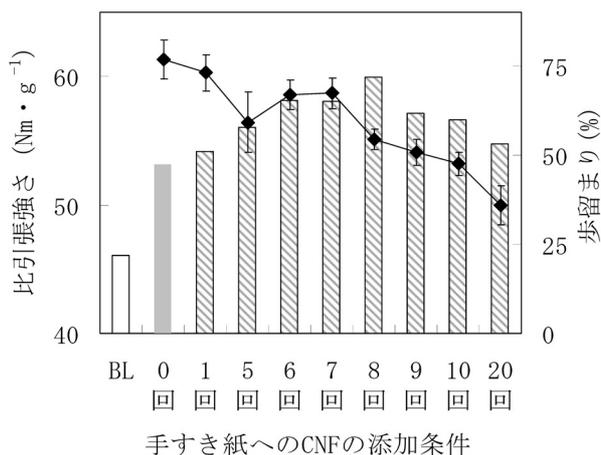


図3 手すき紙へのCNFの歩留まりと比引張強さ (n=10)

- ◆: 歩留まり。
- : 比引張強さ (BL)、■: 比引張強さ (0回)、
- ▨: 比引張強さ (1~20回)。

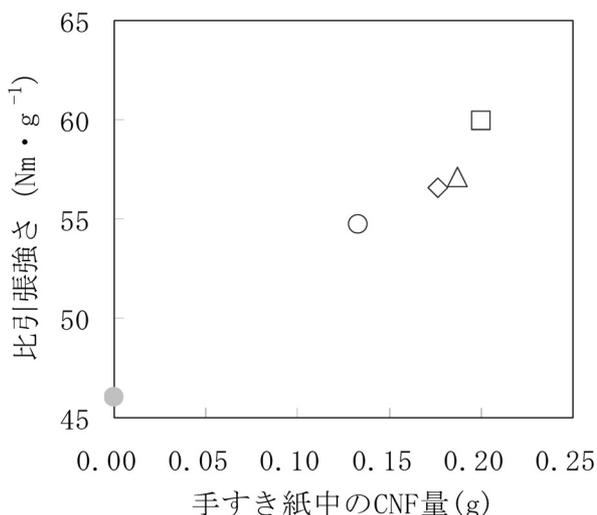


図4 手すき紙中のCNF量と比引張強さの関係 (微細化処理0回及び8回以上を抽出)

- : 処理回数0回、□: 処理回数8回、
- △: 処理回数9回、◇: 処理回数10回、
- : 処理回数20回。

ともに低下するにもかかわらず、比引張強さは処理回数8回までは増加しており、CNFによる比引張強さの増加効果が非常に大きいことが分かる。一方、処理回数8回以上では手すき紙中のCNF量が低下しただけ比引張強さも減少することが分かった。

4 まとめ

CNFの微細化は紙の比引張強さに大きな影響を及ぼすが、ある一定以上まで微細化されると、比引張強さの増加効果に影響を与えないことが示唆された。

参考文献

- 1) 山口智久 他：セルロースナノファイバー添加パルプ繊維シートにおける歩留まりと引張強さの関係, *Journal of Fiber Science and Technology*, 75 (2), 18-21 (2019).
- 2) 鈴木慎司 他：セルロースナノファイバー (CNF) の特性評価 2. 高知県立紙産業技術センター報告, 23, 39-43 (2018).
- 3) 磯貝明：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, 「ナノセルロースの製造技術と応用展開」, 初版 (株シーエムシー・リサーチ, 東京), 磯貝明監修, ナノセルロースフォーラム 編集, pp.11-20 (2016).

2019/03/19(株)スギノマシンに連絡して、報告書でStar Burstの商標を使用する許可を得た。

2019/03/19ダイセルファインケム(株)に連絡して、報告書でセリッシュの商標を使用する許可を得た。