

## リファイナーを用いた低コスト CNF 製造技術の開発

CNF 科 渡邊雅之 中島大介\* 山崎利樹 小畑慎太郎 山下晶平\*\*  
製紙科 齊藤将人 田村克浩  
相川鉄工株式会社 武安裕也 山村延彦

## Approaching Low-Cost Production of Cellulose Nanofibers Using a Refiner

WATANABE Masayuki, NAKASHIMA Daisuke, YAMAZAKI Toshiki, KOAKUTSU Shintaro,  
YAMASHITA Shohei, SAITO Masato, TAMURA Katsuhiko, TAKEYASU Yuya and YAMAMURA Nobuhiko

To reduce the production cost of cellulose nanofibers (CNF), a technology using a newly designed refiner was developed. This involved examining new blade configurations and optimizing the operating conditions of the new refiner. This significantly reduced the number of refining passes, and production costs decreased to approximately one-third of current production conditions. The positive effects refiner-produced CNF had on paper strength were also examined.

Keywords : cellulose nanofiber, refiner, refinement process

セルロースナノファイバー（以下、CNF という。）の製造コストの低減のため、我々が過去に開発した新型リファイナーを用い、新規の刃物の検討や、新型リファイナーの最適な運転条件の確認を行い、より安価に CNF を製造する技術の開発を行った。その結果、パス回数的大幅な削減が可能となり、製造コストは従来条件に比べて約 1/3 となる大幅なコストダウンを実現した。併せて、リファイナーで製造された CNF の紙力増強効果について検証した。

キーワード：セルロースナノファイバー、リファイナー、微細化処理

## 1 はじめに

CNF を応用した製品の普及が進まない理由の 1 つに、製造コストが高いことが挙げられる。環境省が公表した資料<sup>1)</sup>では、将来の機械解繊 CNF の目標価格は 300~800 円/kg (30%CNF 相当の価格)とされているが、現在入手できる CNF の価格は、それを大幅に上回っており、より低コストで CNF を製造する技術の開発が求められている。

当センターでは、これまでに、新型リファイナーを用いることにより、多量の CNF を効率的に製造できることを確認<sup>2)</sup>しているが、本研究では、新規の刃物の導入や、新型リファイナーのより適した運転条件の確認を行い、より安価に CNF を製造する技術の開発を行った。また、リファイナー CNF の用途開発の基礎データとするため、製紙原料に

リファイナー CNF を添加したときの紙力増強効果についても検証した。

## 2 方法

### 2.1 リファイナー CNF の作製

市販の針葉樹漂白クラフトパルプ（以下、NBKP という。）を、パルパー（相川鉄工(株)製）を用い 3% (w/w) で離解した。続いて、新型リファイナー SDR-14（相川鉄工(株)製 写真 1）を用い CNF を製造した。解繊刃には、CNF 製造用 Finebar®（以下、Finebar® という。写真 2）のほか、新規開発刃を用いた。原料をリファイナー処理する回数の目安であるパス回数等の作製条件は、各試験に応じた設定とした。

\* 現 企業局 西部事務所 \*\* 現 沼津工業技術支援センター 研究統括官

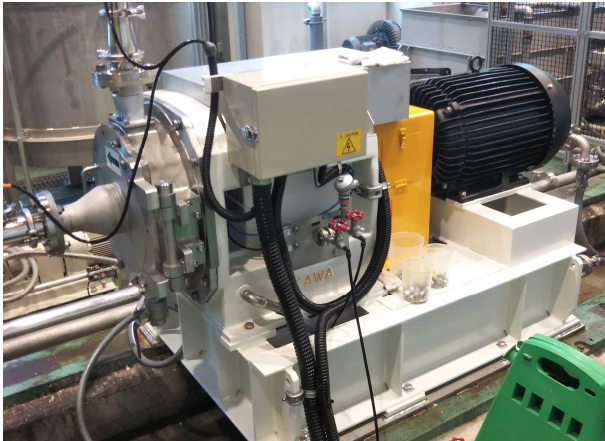


写真1 新型リファイナー

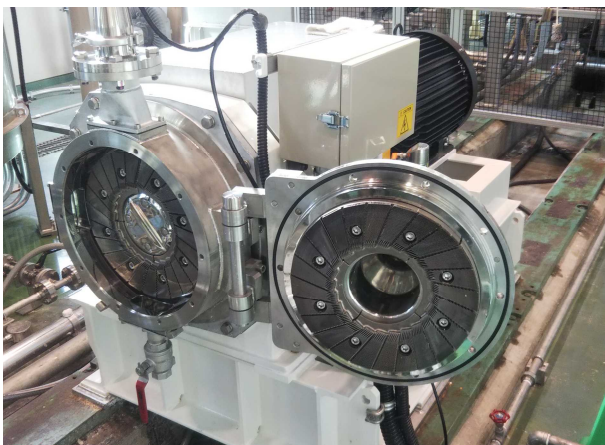


写真2 リファイナーに装着したCNF製造用Finebar®

## 2.2 CNFの物性測定

作製したCNFのFine率等の物性測定を行った。リファイナー処理後の試料のFine率は、繊維長分布測定装置MorFi-Neo (TECKPAP社製)を用い、繊維長0.1mm以下の微細繊維の割合を測定した。投入した繊維の絶乾重量は0.03gとした。なお、Fine率は、パルプの微細化の進行に伴い上昇すると考えられる。

粘度測定、クリル値測定、相対重量測定、位相差顕微鏡観察、原子間力顕微鏡観察は、既報<sup>2)</sup>に従って行った。

## 2.3 リファイナーCNFの紙力増強効果の検証

### (1) サンプル作製

市販の広葉樹漂白クラフトパルプを3%(w/w)で離解し、試験用ナイヤガラビーター(熊谷理機工業(株)製No.2505)を用いて、ろ水度400mLCSFとなるように調整した後、リファイナーCNFを所定量添加し、角形シートマシンで80メッシュの金網を使用して64g/m<sup>2</sup>の手すき紙を作製した。その

後、回転型乾燥機にて90℃で4分間乾燥し、物性評価に供した。リファイナーCNFの添加量はLBKPに対して0~10%とした。リファイナーCNFは60パスで作製したFine率が86.9%のものを用いた。

### (2) 紙力物性評価

透気抵抗度はJIS P 8117:<sup>2009</sup>、白色度はJIS P 8148:<sup>2018</sup>、不透明度はJIS P 8149:<sup>2000</sup>、引張強さはJIS P 8113:<sup>2006</sup>、引裂強さはJIS P 8116:<sup>2000</sup>、破裂強さはJIS P 8112:<sup>2008</sup>、耐折強さはJIS P 8115:<sup>2001</sup>に従って測定した。

## 3 結果および考察

### 3.1 新規開発刃によるCNF作製

新型リファイナーを用いてFinebar®と新規開発刃でCNF作製を試みた。最終パス回数は60回とした。Finebar®では、60パスまで完遂したが、新規開発刃では、繊維による刃の閉塞が生じ、異音が発生したため試験が完遂できなかった。

これを受け、サンプル流速、回転刃の周速を変えた条件でCNF作製を試行した。また、回転刃と固定刃で、Finebar®と新規開発刃を組合せた条件でもCNF作製を行った。

条件および結果を表1に示す。なお、一部試験で60パスに到達しなかったため、表1中のFine率は40パス時の値を示した。サンプル流速、回転刃の周速を変えた条件(条件2~4)は、繊維による刃の閉塞が生じ、Fine率もFinebar®を用いた条件1と比較して20~30%低かった。

Finebar®と新規開発刃を組合せた条件(条件5、6)では、繊維による閉塞が認められなかった。しかし、Fine率は条件1の90.3%を超えることはなく、新規開発刃での解繊効率の上昇は認められなかった。要因は検討中であるが、新規開発刃内の繊維の流動状況が影響していると考えられる。

### 3.2 リファイナーCNFの紙力増強効果の検証

リファイナーCNFを添加した紙の物性試験結果を表2に示す。Fine率が85%程度のリファイナーCNFの添加により、引張強さ、耐折強さ、破裂強さ、透気抵抗度は増加し、引裂強さ、白色度、不透明度は減少することが示された。

この結果から、リファイナーCNFが、天然素材を活用した紙力増強剤として利用できる可能性を確認した。

表1 新規開発刃によるCNF作製試験結果

条件	回転刃	固定刃	サンプル流量 (L/min)	周速 (m/s)	閉塞有無	Fine率 (%)
1	Finebar®		150	24.6	無	90.3
2	新規開発刃		75	24.6	有	60.1
3	新規開発刃		150	30.7	有	71.2
4	新規開発刃		150	18.4	有	73.4
5	新規開発刃	Finebar®	150	24.6	無	81.3
6	Finebar®	新規開発刃	150	24.6	無	81.1

表2 リファイナーCNFの紙力増強効果の検証結果

リファイナー CNF添加量	引張強さ (N・m/g)	破裂強さ (kPa・m <sup>2</sup> /g)	引裂強さ (mN・m <sup>2</sup> /g)	耐折強さ -	透気抵抗度 (s)	白色度 (%)	不透明度 (%)
添加なし	44.9	3.1	9.8	0.85	10.8	85.4	87.8
5%	52.4	4.2	10.6	1.97	64.3	86.0	77.3
10%	52.0	4.2	8.9	—	255	78.9	78.9

### 3.3 新型リファイナーの最適条件の検討

Finebar®を用い、原料濃度、各種運転条件、Pass回数等を検討し、より少ないパス回数でCNFを製造できる条件を検討した。本研究前から行っていた条件（以下、従来条件という。）のほか、検討条件A、Bで解繊を行った。目標とするFine率は、3.2の結果から85%とした。開発が継続中のため、詳細な条件は割愛する。

結果を図1に示す。従来条件では、Fine率が85%を超えるまでに60パス必要だったが、検討条件Aでは20パス、検討条件Bでは10パスで到達した。

この結果から、60パスから10パスに処理回数を削減が可能であることが分かった。

また、それぞれの条件で作製したリファイナーCNFの物性値を表3に示す。条件Bで作製したリファイナーCNFは、粘度が従来条件で作製したリファイナーCNFより低かったが、クリル値、Fine率は大きな違いがなく、効率的な微細化が可能であることが分かった。

表3 リファイナーCNFの物性値

条件	パス回数 (回)	Fine率 (%)	粘度 (mPa・s)	クリル値	相対重量 (mm <sup>3</sup> /g)
従来条件	60	86.8	144	2.9	3.7
検討条件A	20	88.4	117	2.8	3.7
検討条件B	10	85.1	91	2.6	4.7

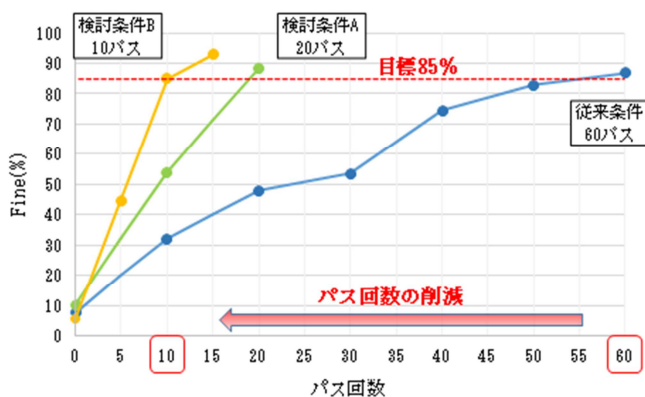


図1 従来条件と検討条件のFine率推移の比較

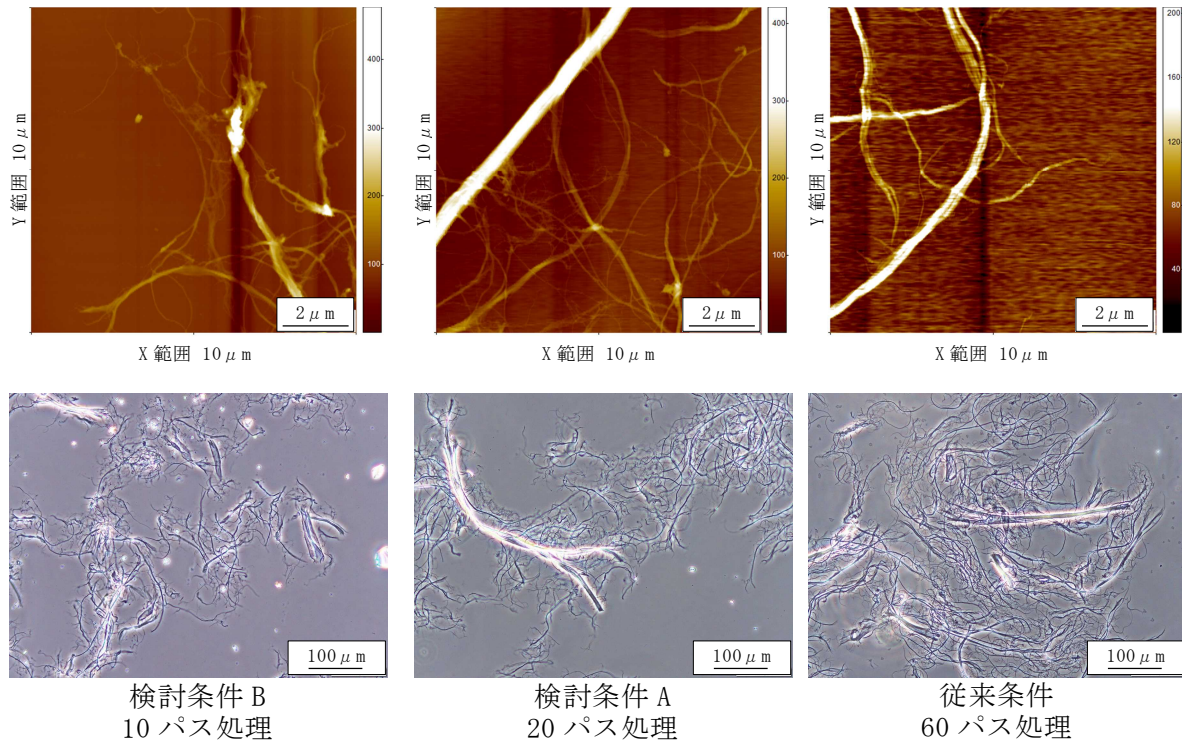


図2 リファイナーCNFのAFM（上段）・位相差顕微鏡（下段）観察画像

AFM：10 μm×10 μm 位相差顕微鏡：20倍観察

### 3.4 位相差顕微鏡・AFM観察

各条件で作製したリファイナーCNFの位相差顕微鏡および原子間力顕微鏡観察の結果を図2に示す。検討条件Bの10パスで作製したリファイナーCNFでは、従来条件や検討条件Aと同様に30～40nmの繊維幅まで解繊が進行していることを確認した。位相差顕微鏡観察でも大きな差異は認められなかった。

## 4 まとめ

新型リファイナーによるリファイナーCNFの製造コストの低減に向けて、新規開発刃の適用の検討やパス回数を減らすための条件検討を行った。また、リファイナーCNFの紙力増強効果についても検証した。

その結果、新規開発刃による解繊効率の向上は見られなかったが、条件を最適化することでパス回数を60パスから10パスに削減できることを見いだした。10パスで作製したリファイナーCNFは従来条件で作製したものと同様、ナノレベルまで解繊が進行していた。また、リファイナーCNFに

よる紙力増強効果も確認出来た。また、水、パルプの原料費や解繊に必要な電力量等を考慮し製造コストを試算したところ、絶乾重量ベースで、従来条件の1/3程度まで低減出来た。

### 参考文献

- 1) 環境省：脱炭素・循環経済の実現に向けたセルロースナノファイバー利活用ガイドライン，pp. 56-57（2021）
- 2) 河部千香 他：新型リファイナーによるCNF製造の試み，静岡県工業技術研究所研究報告書，15，87-91（2022）