

目次

CNF・家庭紙特集

- 1 リン酸エステル化 CNF の性質と用途開発……………奥田敬子
- 6 抗ウイルス性能を有する紙—CNF 技術の応用展開—……………吉松丈博
- 11 レースカーへの CNF 実装の取組み……………永野大作
- 15 セルロースナノファイバー微多孔膜のリチウムイオン電池への適用……………森 陽太
- 21 セルロースナノファイバーを用いた木材用耐候性塗料の開発と応用
……………大木博成, 下川知子
- 25 高分解能なディスク遠心沈降方式粒子径分布測定による CNF の分散評価
……………谷川和美
- 28 ヤンキードライヤーのコーティング性能を改善するための OnGuard VBX による
高度な振動監視
……………ニック インス, ティモシー パターソン, ブレンドン シセウスキー, 白幡悠人
- 35 家庭紙マシン向け最新抄紙用具の開発
……………ウルフ ベングス, クレメンス ストテルダー, ティム シンプキン, 川島浩司
- 41 トイレットから 40 g/m² 超のタオルまで幅広くカバーするフェルトデザイン
……………大橋慎吾
- 45 家庭紙マシン安定操業のための新たなアプローチ
—ヤンキーコーティング薬品とデジタルツールを用いたソリューション—
……………ゲイリー ファーマン, 谷 知憲
- 51 家庭紙工程におけるスクリーンを利用した繊維回収バスケットの適用
……………堂阪敏夫
- 55 ワインダーの最新技術と川之江のパイロット加工設備……………加地晋一郎

シリーズ:大学・
官公庁研究機関の
研究室紹介(149)

- 60 国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所 戦略研究部門
新素材研究拠点

研究報文

- 64 CNF/樹脂複合粒子におけるコア樹脂拡張及び表面機能化
……………林 佑美, 藪原靖史, 太田由美, 久米 誠, 清水美絵, 藤澤秀次

工場紹介(101)

- 83 レンゴー株式会社 利根川事業所製紙工場

- 03 会告
- 62 知財散歩道 (142)
定年を迎えて知財で考えたこと……………林 俊次
- 63 Coffee break
ボストン美術館……………豊福邦隆
- 87 内外業界ニュース
- 91 特許公報
- 99 全国パルプ材価格
- 100 統計
- 102 協会だより

リン酸エステル化 CNF の性質と用途開発

王子ホールディングス株式会社 イノベーション推進本部
奥田敬子

カーボンニュートラルで再生可能な資源である木質バイオマスの多面的な利用が期待されている。なかでも、樹木の主要構成成分のひとつであるセルロースに由来する新規ナノ材料として、セルロースナノファイバー (CNF) が注目を集めている。当社では、木材パルプ中セルロース分子の一部の水酸基にリン酸基を導入し、得られたリン酸エステル化パルプを機械処理する独自の CNF 製造方法を確立した。得られたリン酸エステル化 CNF は高収率で完全ナノ化 (幅約 3 nm への微細化) しており、その水分散液は高透明かつ高粘性で pH3-11 という幅広い液性でも安定している。表面化学構造を解析した結果、モノリン酸だけでなくポリリン酸基が存在し、セルロース分子の水酸基の C2 位および C6 位にのみ選択的に導入されることが明らかとなった。また、リン酸エステル化 CNF の水分散液を脱水、乾燥させることにより、CNF が緻密に絡まった CNF 透明シートを形成することが可能である。このシートは高い透明性と強度を有し、熱寸法安定性にも優れている一方で、紙のような柔軟性も有している。当社では、実用化推進のため、水分散液やシートの実証プラントが稼働中である。実用化の第一段階として、水分散液は化粧品用増粘分散剤やコンクリート圧送用先行剤、シートは卓球ラケット用素材などの用途で製品採用されている。我々は今後もリン酸エステル化 CNF の特長を活かし、更なる用途開発を進めていく。
(本文 1 ページ)

抗ウイルス性能を有する紙 —CNF 技術の応用展開—

日本製紙株式会社 研究開発本部 富士革新素材研究所
吉松丈博

印刷用紙の需要は、電子化の流れの中で引き続き減少していくことは避けられないが、一方で、脱プラスチック・紙化などの動きにより、包装紙材、搬送紙材などの需要は増加していくことが予想される。また、紙は持続可能な天然資源で CO₂ を固定化できる木から作られるため、その紙をベースとして様々な機能を持つ材料を開発することで、SDGs や GHG 削減など世の中に大きな貢献ができると考えている。

日本製紙グループの理念は「世界の人々の豊かな暮らしと文化の発展に貢献します」であり、スローガンは「木とともに未来を拓く総合バイオマス企業として、これまでにない新たな価値を創造し続け、真に豊かな暮らしと文化の発展に貢献します」である。今回の開発は、この理念とスローガンに則り、基盤事業である紙の製造技術に、木から製造する究極の超極細素材「セルロースナノファイバー」の製造技術を合わせることで、現在、世の中が最も必要としている機能の一つである「抗ウイルス」を有する紙 (npi 抗ウイルス紙) を開発したものである。その性能としては、インフルエンザウイルス、ネコカリシウイルスだけでなく、新型コロナウイルスに対しても高い抗ウイルス性を発揮し、さらに抗菌・消臭効果も認められている。2021 年 11 月に「紙本体、銅などの無機系で、抄き込み」のカテゴリでは業界初となる SIAA 抗ウイルス加工の認証を取得し、現在、封筒、名刺、など身近な感染防止策や不特定の人が触れる可能性がある共用物に使用されるケースが多い。人々の生活における接触感染を防止し安心・安全をお届けすることができれば幸いである。
(本文 6 ページ)

レースカーへの CNF 実装の取組み

大王製紙株式会社 CNF 事業化プロジェクト
永野大作

2018 年から当社は米国レースに参戦する SAMURAI SPEED に CNF 素材を提供し、レースに出場する電気自動車に CNF 素材を用いたパーツを実装することで、社会実装のための評価をおこなっている。毎年実装箇所
の拡大や、新たな CNF 素材の実装を進め、2022 年にはドアミラーに CNF 複合樹脂、ボディには CNF 成形体、

CNF 連続成形体を実装して、軽量化に貢献してきた。また過酷な環境での走行でも通常車両と同様、耐久性においても支障なく走行することができた。レース車両のボディで使用した CNF 成形体は CNF とパルプ繊維を複合化しシート化した材料で汎用プラスチックを大きく上回る力学特性を有する。また CNF とパルプのみで構成されているので環境対応型の素材である。ドアミラーで使用した CNF 複合樹脂、ELLEX-R55 はセルロース濃度 55%まで高めた CNF 複合樹脂である。樹脂のフィラーとしてセルロースを複合化することにより樹脂補強効果が得られるため、減プラスチック効果が期待できる。植物由来、高強度、高弾性、リサイクル性という CNF の特性を活かし、プラスチック削減、車両軽量化による CO₂ 削減に貢献するとともに、当社では 2024 年以降の中期事業計画での CNF 事業の拡大を図っていく。

(本文 11 ページ)

セルロースナノファイバー微多孔膜のリチウムイオン電池への適用

特種東海製紙株式会社 フィブリック事業本部
森 陽太

不織布は細孔径が大きくリチウムイオン電池向けセパレータとして使用できないといわれている。実際に不織布を使用した電池セルの作製を行い、不具合の発生についての確認試験を行った。試験には手漉きにて自作したの PET 不織布、セルロース不織布を用いた。比較対象として市販のポリオレフィン微多孔膜と開発品であるセルロースナノファイバー微多孔膜（商品名 FIBLIC）を用いた。評価試験の結果、PET 不織布用いたセルでは初期のエージング工程で絶縁不良とみられる充放電効率の低下がみられた。セルロース不織布を用いたセルについてはエージング工程における問題は生じなかったが、0℃フロート試験（4.2 V での定電圧充電）においてデンドライト生成による微短絡と思われる電圧の変動が確認された。開発品のセルロースナノファイバー微多孔膜では、ポリオレフィン微多孔膜と同様に問題はみられなかった。細孔径が十分に小さいため十分なデンドライト耐性を持つためと考えている。

(本文 15 ページ)

セルロースナノファイバーを用いた木材用耐候性塗料の開発と応用

玄々化学工業株式会社 技術部
大木博成
国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所 森林資源化学研究領域
下川知子

CNF は軽量・高強度を特徴とするバイオマス由来の素材であり、ソーダ・アントラキノン蒸解により国産スギチップから調製したパルプを原料とした酵素処理と機械処理を併用した酵素・湿式解砕プロセスによって製造された無修飾の CNF を用いて耐候性に優れた木材用の塗料開発を行った。酵素・湿式解砕による CNF は他の CNF に比べて水性塗料との分散性に優れていた。

CNF 混合塗料の試作では分散条件、CNF 添加量、CNF の長さ（短いもの、長いもの）等を検討して塗料を設計し、促進耐候性試験による屋外用途での耐久性、また塗膜をフィルム状に乾燥した試験体を作製し、引っ張り試験による塗膜物性を評価した。その結果、下塗り塗料では水性塗料への CNF の配合により変色度合いを 1/2 以下に抑えられることが明らかになった。

木質チップから CNF まで一貫製造できる設備を導入し、塗料への配合に適した CNF を自社製造できる体制を整えた。その後の研究によって CNF を配合した屋外用の下塗り塗料（CNF シーラーとして製品化）は変色や塗膜のワレ、はがれを抑制することが明らかとなり、試験施工による実証試験から実環境でも有効であることが確認できた。また耐候性メカニズムの解明を進めて紫外線遮蔽と酸素透過の抑制によって塗膜や基材である木材の劣化を防いでいることがわかってきた。

持続可能な社会の実現に向けて木材の利活用の拡大は大きく注目されており、今後も CNF を活用した木材用耐候性塗料の開発を継続して実施する。

(本文 21 ページ)

高分解能なディスク遠心沈降方式粒子径分布測定による CNF の分散評価

三洋貿易株式会社 ライフサイエンス事業部 科学機器部
谷川和美

CNF は一般的に湿式条件下で機械的処理によって微細化され、物性制御や有効活用する上で分散性の評価、とりわけ粒子径分布評価は重要である。粒子径分布計測には様々な原理、手法があるが幅広い分布を持つ粒子や異形粒子の測定は困難であり正確な分布が得られない課題がある。解繊の過程において様々な粒子径が同時に存在していることが多い CNF の評価においては、分解能の高い計測法が必要となる。

ディスク遠心沈降方式粒子径分布測定法は、多くの計測法で用いられるフィッティングアルゴリズムを用いずに直接的に粒子を観測しており、さらに一旦各サイズごとに分級してから粒子を検出する方式のため分解能が非常に高い方式である。このディスク遠心沈降方式粒子径分布測定法を用いて処理回数の異なる 6 種類の CNF 試料の粒子径分布の測定を行った。処理回数の少ない試料では、数十 nm から数 μm にかけて 3 つのピークをもつ分布が得られた。処理回数の増加につれて数 μm のピークは消失し、数百 nm のピークの減少が見られると同時に数十 nm のピークは増加した。再現性もおおむね良好であった。ディスク遠心沈降方式粒子径分布測定法を用いることで CNF の物性制御や有効活用への利用が期待できる。

(本文 25 ページ)

ヤンキードライヤーのコーティング性能を改善するための OnGuard VBX による高度な振動監視

ソレニス (上海)
ニック インス
ソレニス (米国)

ティモシー パターソン, プレندان シセウスキー
株式会社理研グリーン 産薬事業本部 営業部 名古屋営業所
白幡悠人

家庭紙マシンにおいて、クレーピングドクターブレードの振動は製品品質に影響する重要な要素であり、ヤンキードライヤーの問題を特定するためにも有用である。しかし、クレーピングドクターブレードの振動に関する情報はほとんど公開されていない。Solenis 社は従来の研究結果を基に独自の振動監視システムを開発した。

この振動監視システムはブレードホルダーの駆動側と操作側に 1 つずつ取り付ける 2 つのセンサー、センサーから送られたアナログ信号をデジタル信号に変換するためのボックス、デジタル信号の表示と分析のための専用のソフトウェアが入ったノートパソコンからなる。このソフトウェアは振動監視に留まらず問題を解析し、操業最適化を提供する。このシステム独自の特徴はリアルタイムで監視システムにリモートアクセスしコントロールできる機能である。これにより、現地の担当者と離れた場所にいるその分野の専門家が協力することが可能になる。

振動監視システムにより測定・表示される振動は経時的に変化する。振動の経時変化を追跡することにより、ヤンキードライヤー表面に形成されるコーティング形成の問題を突き止め、マシン全体の操業とシートの品質を最適化できる。例えば、クレーピングドクターブレードが摩耗するとシートのクレープ構造が変化するが、これはクレーピングドクターブレードの振動周波数の変化で示される。また、プレッシャーロールの問題、フェルトおよびフォーミングワイヤーの汚れもまた振動周波数の変化で確認できる。このように振動監視システムによる振動測定はクレーピングドクターブレードの適切な運用に留まらない多くの利点を提供する。

(本文 28 ページ)

家庭紙マシン向け最新抄紙用具の開発

アルバニー・インターナショナル フォーミング ユーラシア
ウルフ ベングス
MC ユーラシア
クレメンス ステルダー, ティム シンプキン
アルバニー・インターナショナル・ジャパン株式会社
川島浩司

ティッシュおよび衛生製品の需要は過去 20 年間で大幅に増加している。それに伴いティッシュマシンの建設台数も増えてきおり、特にアジアにおけるティッシュマシンの増加は顕著である。また欧米ではより高品質なティッシュを製造する為に新しいコンセプトをもったマシンの開発が行われてきた。これら市況の変化はティッシュマシンで使用される抄紙用具に対する要求にも多大な影響を与えた。それは生産性の向上、製品品質の向上、抄造に関わるエネルギーコストの削減等と多岐にわたり、それらを同時に高いレベルで達成する必要があった。

抄紙用具のリーディングカンパニーとしてあらゆるグレードのペーパーマシン向け抄紙用具の開発・製造をリードしてきたアルバニー・インターナショナル社は、ティッシュマシンにおいても近年主流となっているクレセントフォーマーや新しいマシンコンセプトである NTT などの様々なティッシュマシン向けに製品ソリューションを開発し、市場へ供給してきた。そして、その実績も残してきた。

変化する市場に柔軟に対応すべく、アルバニー・インターナショナル社自身も変化を恐れない抄紙用具メーカーとして研究開発を継続し、あらゆる面で今後も顧客のニーズに応えていく所存である

(本文 35 ページ)

トイレットから 40 g/m² 超のタオルまで幅広くカバーする フェルトデザイン

アンドリッツ・ファブリック&ロール株式会社 営業技術部
大橋慎吾

近年、国内製紙メーカーではトイレットペーパー、そしてペーパータオル、即ち家庭紙として中～高坪量品の拡充が顕著である。そして新たに導入される抄紙機は、クレセントフォーマー（シュープレス型）、及びベストフォーマー（ウエットフェルト型）がトレンドとなっている。これらに共通する事項としては、フェルトが従来の圧力で搾り出す使われ方ではなく、フェルト上のシートの水分を、フェルトを介して吸引で抜くことが重要になっている点である。

フェルトのデザインもそれに応じて、脱水経路が設計・確保された 1 枚基布で、高通気度にアップグレードされたタイプの出荷が顕著に増えている。今回は、その内容について述べる。

(本文 41 ページ)

家庭紙マシン安定操業のための新たなアプローチ —ヤンキーコーティング薬品とデジタルツールを用いたソリューション—

ナルコウォーター
ゲイリー ファーマン
片山ナルコ株式会社
谷 知憲

クレーピングは家庭紙抄紙工程における核となる操業要素であり、家庭紙メーカーはこの工程を改善するための新しい方法を常に探し続ける必要がある。本稿では、操業性と製品品質の向上の一助として、ヤンキーコーティング接着剤と振動を監視するデジタルツールを日本の市場に紹介する。

当社の接着剤 TULIP™ は、強力な接着力、柔らかいコーティング特性、耐久性をもつ。また、水分変動に対する耐久性と優れた再湿潤性の両方を兼ね備える。これらの特性は、ラボ評価および実機での使用によって実証されている。1 つ目の実機での適用例では TULIP™ の持つ強力な接着力により、シートのクレープ数と手触り

が改善された。2つ目の事例では、本製品の接着力は水分変動に対して優れた耐久性を有することから、クレーピング時の水分量が高い状態であっても製品品質と柔らかさを維持し、エネルギー削減につなげた。

本稿で紹介するデジタルツール Yankee Operations Intelligence (YOI) はヤンキードライヤーにダメージを与える可能性のあるチャタリングの発生を早期警告することで家庭紙メーカーの設備保護をサポートする。YOI は設備の保護に重点を置いているが、振動をリアルタイムで監視することによってヤンキードライヤーのコーティングとクレーピングの安定化も目的としている。このツールを活用することで、機械、操業、化学的な変化がこれらに与える影響を数値化し、オペレーターの判断の手助けをすることが可能となる。

薬品によるクレーピングの最適化とデジタルツールによる操業状況のモニタリングの両方によるアプローチで操業性と品質向上に寄与できる事の事例を紹介する。

(本文 45 ページ)

家庭紙工程におけるスクリーンを利用した繊維回収 バスケットの適用

株式会社 IHI フォイトペーパーテクノロジー 製紙機械技術部
堂阪敏夫

新しい繊維回収フィルタとは既存の濃縮機や洗浄機の白水に含まれる繊維をスクリーンで回収する技術である。このスクリーンには新しく開発された最小直径 50 μm からなる FRB™ と呼んでいる微小丸孔バスケットを採用している。この FRB (特許出願中) の大きな特徴として、まず微小丸孔プレートを波型形状にすることで、プレート強度を上げながら開口面積を増やすことに成功した。次に波型形状したプレートによりロータによるプレート表面のクリーニング効果の大幅な改善を達成し、従来のプレーンなバスケットに比べて、高圧洗浄する頻度が半分以下となった。最後に、組立式バスケットを採用しているため、消耗したプレートのみ交換することでバスケットの再生が可能となった。

たとえば LBKP を処理した洗浄機の白水を繊維回収フィルタで処理することで、繊維長が 0.5 mm 以上ある有用繊維を 70% 近く回収することができる。さらに新しい繊維回収フィルタは、濃縮機や洗浄機の白水から繊維を回収するだけでなく、フローテータフロスからの繊維回収、低処理量の濃縮機、白水中の異物除去など、他のアプリケーションに展開できる可能性を秘めた新技術である。

(本文 51 ページ)

ワインダーの最新技術と川之江のパイロット加工設備

川之江造機株式会社 設計部
加地晋一郎

製紙機械には、紙を「抄く」、紙を「巻く」、紙を「折る」、紙を「切る」、紙を「包む」といった 5 つの機能がおり、当社はその全ての機械を設計製造している。今回は「巻く」機械について、紹介する。

家庭紙用プライワインダーにおいては、複数枚の紙を圧着する目的でコンタクトエンボス装置搭載しているが、弊社では抄紙機の高速化に対応するためオリジナルのコンタクトエンボス装置を開発した。最新のプライワインダーにおいては、常用 1,400 m/min (機械的最大 1,500 m/min) の速度で運転されている。

洋紙製造ラインに設置されるスリッターワインダーでは、巻取完了から次巻取開始までのワインダー停止時間を短縮することを目的とし、自動卸替え装置の改良を進め、従来の自動ワインダーの約半分の取り出し時間となる自動卸替え装置を開発した。また 2 次加工用スリッターワインダーは、多種多様な製品に対応するため、広範囲な張力制御や巻き固さ制御が行える構造となっている。

不織布用スリッターワインダーでは、伸びやすい不織布を低張力で巻き取ることが可能なよう、同期制御装置を備えたスリッターワインダーを開発した。品質管理が求められる分野には、異物検出装置を備えたスリッターワインダーも用意している。

弊社最新の TR-8 型トイレットワインダーにおいては、ソフト巻きから長尺巻き製品まで幅広く対応した制御

機構を搭載している。

加工機パイロット設備が、弊社工場内に完成し、トイレットペーパーやキッチンペーパーのカレンダ加工、エンボス加工やラミネート加工のテストが可能となった。8月には折り装置（インターフォルダ）も追加され、紙や不織布等幅広い素材の折りのテストも可能となる予定である。

(本文 55 ページ)

CNF/樹脂複合粒子におけるコア樹脂拡張及び表面機能化

凸版印刷株式会社 総合研究所
林 佑美, 荻原靖史, 太田由美, 久米 誠, 清水美絵
東京大学大学院 農学生命科学研究科
藤澤秀次

当研究グループでは、セルロースナノファイバー（CNF）を用いた新規粉体材料として、表面が CNF で被覆されたポリマーマイクロ粒子である、CNF/樹脂複合粒子（複合粒子）の開発を行っている。繊維幅の均一な CNF は、木材パルプ繊維の表面に TEMPO（2,2,6,6-テトラメチルピペリジン 1-オキシド）触媒を用いてカルボキシ基を導入し、機械処理により水中で微細化することにより作製できる。この CNF 水分散液中に疎水性のジビニルベンゼン（DVB）モノマーを添加してエマルションを形成し、エマルションを鋳型としてモノマーを重合することで、poly-DVB（pDVB）をコア樹脂とした、複合粒子を調製できることがこれまでに報告されている。本検討では複合粒子の応用のため、コア樹脂種の拡張及び CNF 表面への機能性付与を試みた。

四級アンモニウムカチオンを用いて表面を疎水化した CNF の水分散液を用いることで、未修飾の CNF を用いた場合と比較し、より多くの種類のモノマーで安定なエマルションの形成に成功した。これにより、より幅広い種類の樹脂をコアとした複合粒子の作製が可能となった。また、これらの複合粒子は CNF 被覆のない樹脂粒子より機械特性が優れていた。

CNF のカルボキシ基との静電相互作用により、複合粒子への機能性材料の吸脱着を試みたところ、抗菌剤、金属イオン、高分子、蛍光色素や酸化還元色素等のカチオン性機能性材料が pH 依存的に吸脱着することが明らかになった。中でも、会合すると発光波長が長波長にシフトする蛍光色素は、複合粒子に吸着すると単分子に起因する短波長の蛍光発光を示した。これは、CNF 表面に規則的に導入されたカルボキシ基が、蛍光色素の会合を抑制したためと考えられる。

このような機械特性や、機能性材料の凝集・会合抑制効果を活かした複合粒子の商材展開が期待される。

(本文 64 ページ)