

家庭紙・CNF 特集

- 1 リン酸エステル化セルロースナノファイバーの特徴と開発事例……………才 貴史
- 6 CNF を用いた全熱交換エレメント用ライナーの開発
……………山田善之, 田中健太郎, 宮崎一希, 高濱良司, 木下香澄, 岡田比斗志
- 10 セルロースナノファイバー (nanoforest) の用途展開の可能性……………橋場洋美
- 15 レーザーセンシングとスプレー技術によるヤンキーコーティングの最適化
……………井出翔太
- 19 嵩アップ・坪量減や長尺化に役立つ最新クレーピングブレードのご紹介
……………安渡 司, 渡邊竜平, 越智 守, 加藤宏彦
- 24 フォイト社のヤンキーシリンダー現地調査・研磨・溶射サービス……………味岡信明
- 28 家庭紙生産設備への KAWANOE トータルエンジニアリング……………篠原智之
- 33 ティッシュ生産を革新する Valmet の先端自動化ソリューション
—統合ソリューションが切り拓く未来への道筋—……………奥山洋平
- 37 イタリア包装機メーカー TMC 社および OMET 社のヨーロッパユーザーのニーズとそれに適応する包装機について……………富山豊士

総説・資料

- 40 2025 特殊紙技術交流会・紙基材展覧会 (中国杭州市) に参加して
……………大井 洋, 道川浩平, 陳 嘉義, 澤村温也

シリーズ: 大学・ 官公庁研究機関の 研究室紹介(167)

- 44 早稲田大学 理工学術院 先進理工学研究科 応用化学専攻
高分子研究部門 小柳津研一研究室

研究報文

- 48 乾式解繊した紙繊維の構造解析……………加藤 達, 大本正幸, 両角浩一, 中田真弓, 木村清夏,
中島嘉樹, 小穴壮太郎, 中井葉子, 田中英樹

工場紹介(114)

- 61 立山製紙株式会社 本社工場

- 03 会告
- 47 知財散歩道(160)
知財部門に異動になって……………長谷川裕規
- 65 パピルス
ISWST2025 の概要……………藤澤秀次
- 68 内外業界ニュース
- 74 特許公報
- 83 全国パルプ材価格
- 84 統計
- 86 協会だより

リン酸エステル化セルロースナノファイバーの特徴と開発事例

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 CNF 創造センター
才 貴史

近年、温室効果ガスによる地球温暖化に伴い、再生可能な木質バイオマスの利用が進められている。特にセルロースナノファイバー（CNF）は、再生可能性や生分解性、軽量、高強度などの特性から他材料との複合化が期待されている。CNF は木材パルプを機械処理や化学処理で微細化して製造されるが、当社ではリン酸化エステル化法によりエネルギー削減と完全ナノ化を実現した。

リン酸エステル化 CNF は、セルロース I 型結晶構造を保ちながら、表面にリン酸基を導入している。液体 NMR 測定により、モノリン酸基の他にポリリン酸基が存在することや、リン酸基が C2 および C6 位に導入されることが確認された。リン酸エステル化 CNF は水中で高い分散性と透明性を示し、0.4% 水分散液の粘度は一般的な天然系増粘剤の 10 倍以上である。また、広い pH 範囲で高透明性・高粘性を維持し、乾燥させると透明シートを形成する。このシートは高い透明性や熱寸法安定性、引張強度、低酸素透過性などの特性を持ち、様々な用途への展開が期待されている。

近年、水素を燃料として水のみを排出するため環境負荷の低い燃料電池の普及が進んでいる。燃料電池にはプロトンを伝導する高分子電解質膜（PEM）が用いられるが、現行の PEM は環境やヒト健康への影響が懸念されている。当社はリン酸エステル化 CNF を用いてこれらの問題解決を目指しており、リン酸エステル化 CNF をバインダーとして用いた電解質膜は、プロトン伝導性と高い強度を示すことが確認された。

以上の通りリン酸エステル化 CNF は優れた特性を持ち、幅広い分野への応用が期待されている。当社は今後とも用途開発を推進し社会実装を目指す。

（本文 1 ページ）

CNF を用いた全熱交換エレメント用ライナーの開発

王子産業資材マネジメント株式会社 フィルター事業本部
山田善之、田中健太郎、宮崎一希、高濱良司、木下香澄、岡田比斗志

近年、コロナ禍の影響もあり、IAQ（室内空気質）や SDGs に対する意識が高まり、エネルギーロスを抑えつつ換気を行える全熱交換型換気システムの需要が拡大している。同システムでは、室内空気と外気を混合することなく、熱と水分を交換する。同システムで重要な機能を担う全熱交換エレメントは、高い気密性と熱、水分の交換機能が求められる。

今回、疎水性微多孔フィルム基材の上に、前述のセルロースナノファイバー（CNF）を独自技術により極薄膜（透湿性高分子膜）として形成することで、これらの機能を高めた全熱交換エレメント用の交換膜（ライナー）を開発した。

この透湿性高分子膜は、CNF を用いるため非常に緻密なものとなっており、極薄でありながらも極めて高い気密性を有し、CO₂ や汚れた空気を通さない膜となっている。また、CNF の高い親水性を活かし、さらに基材と共に極薄構造とすることで、従来の交換膜よりも格段に高い水分の透過性を実現している。本報告は、この新規交換膜とその性能について紹介するものである。

（本文 6 ページ）

セルロースナノファイバー（nanoforest）の用途展開の可能性

中越パルプ工業株式会社 開発本部 開発部
橋場洋美

現在、環境問題への関心が高まる中、持続可能な循環型社会の実現が広く求められている。当社は紙の原料であるパルプの高度利用計画実現の中で、2010 年よりセルロースナノファイバー（以下 CNF）の研究開発に着手した。2013 年からサンプル提供を開始し、2017 年には第一期商業プラントを稼働させ、商品名「nanoforest」

と称して様々な用途への販売展開を進めてきた。現在は、「ビジョン 2030」森林資源の有効活用を通じた循環型社会の構築と持続可能な未来を実現する姿を目指し、中期経営計画 2025 で CNF 実用化・開発加速を掲げ取り組んでいる。

当社 nanoforest の特徴と提供している種類および用途展開事例の紹介と CNF を樹脂やゴムへ良分散で配合させるために乾燥パウダーにした nanoforest-PDP、さらにこれを樹脂・ゴムの添加剤として検討してきた内容を説明する。

(本文 10 ページ)

レーザーセンシングとスプレー技術による ヤンキーコーティングの最適化

株式会社メンテック 技術部 開發生産技術一課
井出翔太

近年、日本の製造業では労働人口の減少に伴う人手不足が深刻化しており、製紙業においても労働環境の改善や業務効率の向上を目的とした働き方改革の推進が求められている。その中で、DX や IoT 技術の導入による業務改善が進展し、センサーやカメラ、各種計測システムの導入が製造現場で加速している。

一方、家庭紙の抄造工程における重要要素であるヤンキードライヤーのコーティング状態の確認は、依然として熟練オペレーターの経験に基づいた目視判断に依存しており、属人的な手法が主流である。この定性的な評価方法は長年の経験を要するため、操業の標準化や技術継承の観点から大きな課題となっている。

こうした課題に対応するため、当社ではヤンキードライヤーのコーティング状態をリアルタイムで可視化・数値化できるモニタリングシステムを開発した。本システムにより、誰もが共通の基準で状態を把握できるようになり、操業の標準化や自動化への足がかりとなることが期待される。

本報告では、本システムの原理や構成、実際の適用事例を通じてその有効性と今後の展望について述べる。

(本文 15 ページ)

嵩アップ・坪量減や長尺化に役立つ 最新クレーピングブレードのご紹介

フォイトターボ株式会社 BTG 事業部
安渡 司、渡邊竜平、越智 守、加藤宏彦

近年、世界各国において顕著な物価上昇が観察されており、我々家庭紙業界も例外ではない。ここ数年に渡り複数回価格改定に臨んできた一方で、一般消費者への経済的負担は計り知れない。家庭紙メーカーにおける新たなニーズとして製品価格の急激な上昇を抑制するための製造コストの見直しと最適化がトレンドになりつつある。

家庭紙に求められるニーズの変動に合わせ、クレーピングブレードに求められる性能も変化してきた。製造コストを削減するにはどのようなアプローチが必要か。弊社が提供する以下のアプローチについて紹介する。

- ① スタンダードブレード『SATINY (サティニー)』による生産性向上、嵩安定化、紙粉減
- ② スタンダードブレード『TILLIUM (ティリウム)』による品質安定化、N 材使用量減
- ③ 新規開発ブレード『TEXTURA (テクスチュラ)』による嵩・吸水性能向上、低坪化
- ④ 新規開発ブレード『TRAMPOLI (トランポリ)』による嵩向上、手触り改善、低坪化

(本文 19 ページ)

フォイト社のヤンキーシリンダー現地調査・研磨・溶射サービス

株式会社 IHI フォイトペーパーテクノロジー 国内営業部ファブリックグループ
味岡信明

フォイト社は、BTG およびトスコテックとともにフォイトグループを構成し、家庭紙製造の多様なニーズに応えるフルラインサプライヤーとして、重要な役割を果たしている。特に、ティッシュマシンの中核であるヤンキーシリンダーの最適なメンテナンスは、スムーズで効果的な生産に不可欠である。フォイト社のファブリック・ロールシステムズ部門は、ヤンキーシリンダーの現地調査、研磨、溶射サービスを提供し、これによりお客様の生産性と効率性の向上に寄与する。

「プロサーフェス」は、運転中のヤンキーシリンダーの表面と温度を高精度に測定し、詳細なデータを提供する。このサービスは、実際の運転条件下でのシリンダーの状態を把握し、異常の早期発見を可能とする。さらに、新型研磨機「ミニグラインダー」は、小型化による設置場所の柔軟性と優れた研磨能力を備えており、準備と復旧にかかる時間を大幅に短縮し、効率的で高精度な研磨を実現する。また、「テラドライ H ファミリー」の高機能溶射コーティングは、ヤンキーシリンダーの耐摩耗性と耐腐食性を向上させ、再研磨の頻度を減少させる。このコーティングは優れた熱伝達効率を提供し、シリンダーの寿命を延ばすことができる。

フォイト社のこれらのサービスは、ヤンキーシリンダーの最適な運用を支え、お客様の操業の安定化と改善に寄与できるものである。

(本文 24 ページ)

家庭紙生産設備への KAWANOE トータルエンジニアリング

川之江造機株式会社 営業部 営業課
篠原智之

川之江造機（以下弊社）は、これまで 80 年に渡り時代の変化とともに数多くの製紙関連設備を納入してきた。市場のニーズは常に変化し様々な製品が生み出されてきたが、それに伴い機械設備の開発や既存設備の改造等も多く手掛けてきた。近年における「コロナ禍」や世界情勢の影響をうけ市場が大きく変化するなかで人々の生活環境や生活習慣もこれまでとは大きく変化しており、家庭紙製品においてもこれまでになかった様々な製品形態や高品質な製品への要求が高まっている。特にトイレット製品においては、原材料の高騰や輸送費の削減、省スペース化を目的として従来製品に比べ長巻きされたトイレット製品の需要割合が年々増加の傾向にあり、これらの市場変化に応えるべく弊社は 2020 年にテクニカルセンターを開設しパイロット加工機を活用した新しい高付加価値製品の開発に「お客様と共に」取り組んでいる。また、国内の製紙関連設備メーカーの減少に伴い各種のメンテナンスサービス事業にも積極的に取り組むなど、新製品開発からメンテナンスまでを「KAWANOE トータルエンジニアリング」として更なるお客様満足の向上に努めるとともに弊社の取組みを紹介させて戴く。

(本文 28 ページ)

ティッシュ生産を革新する Valmet の先端自動化ソリューション — 統合ソリューションが切り拓く未来への道筋 —

バルメット株式会社 オートメーションソリューションズビジネスライン
奥山洋平

ティッシュ生産業界は、労働力不足や世代間のスキルギャップによる生産の不安定さに直面している。Valmet は、唯一のフルスコープ対応の Original Equipment Manufacturer (OEM) として、原料調製からコンバーティングまで全工程をカバーする統合ソリューションを提供し、業界課題に強力な解決策を提示する。

Valmet DNAe (Distributed Network Architecture evolved: 進化した分散型ネットワークアーキテクチャ) は、ティッシュ生産ライン全体の制御と最適化を担う拡張性の高い次世代統合自動化システムである。プロセス制御 (DCS)、品質管理 (QCS)、アナライザー、計測器、ドライブ制御、機械制御を「One System」

として単一プラットフォームに統合し、システム間の複雑なリンクを不要とする。

Valmet IQ 品質管理システム (QCS) は、高い市場シェアを誇り、革新的な測定技術を提供する。「Valmet IQ IR Fiber」は非核技術で坪量・水分を測定し、放射線管理が不要で総保有コスト (TCO) を最大 75% 削減する。「Valmet IQ Softness」は世界初のオンライン・ソフトネスセンサーである。高度な画像処理により生産中のシートのソフトネスやクレープ数をリアルタイムで客観的に測定する。

Valmet Pulp to Tissue テクノロジーは、原料調製からコンバーティングまでを最適化する高度プロセス制御 (APC) ソリューションである。その中核となる「ソフトセンサー」は高度なアルゴリズムで最終製品の品質特性をリアルタイム予測し、DNAe の統合制御によりティッシュの強度などの主要評価指標 (KPI) を自動で維持し、過剰品質も排除する。

これらの Valmet の先端自動化ソリューションは、原材料およびエネルギーの効率化、断紙の最小化、総合設備効率 (OEE) の向上、そしてオペレーター支援を通じて、顧客の競争力強化に貢献する。

(本文 33 ページ)

イタリア包装機メーカー TMC 社および OMET 社のヨーロッパユーザーのニーズとそれに適応する包装機について

株式会社新生
富山豊土

欧州の家庭紙市場は「持続可能性」と「プレミアム化」をキーワードに成長している。環境規制 (PPWR) の強化で PCR (再生材) 包装が必須となり、エアレイド紙のような高品質製品への需要も高まっている。このため、包装機械には小ロット多品種に対応する「柔軟性」、生産性を維持する「高速性」、そして「迅速な段取り替え」が不可欠である。弊社が扱う TMC 社・OMET 社は、これらの市場要求に応える高機能機を提供している。

この欧州の動向は、将来の日本市場が直面する課題と進むべき方向性を示唆する重要な指針となる。

(本文 37 ページ)

研究報文

乾式解繊した紙繊維の構造解析

セイコーエプソン株式会社 技術開発本部 分析 CAE センター
加藤 達, 大本正幸, 両角浩一, 中田真弓, 木村清夏, 中島嘉樹, 小穴壮太郎, 中井葉子, 田中英樹

幅広く利用されている木質セルロース繊維は、資源循環を牽引する材料の一つとして注目されている。資源循環で再利用するには解繊プロセスが不可欠であるが、その解繊プロセスにおけるセルロース繊維の変化については分かっていないことが多い。その理由として、セルロースは複雑な階層構造をもった結晶性高分子材料であり、解繊プロセスにおける複雑な階層構造の変化を調べる手段が限られているからである。

そこで本稿では、小角 X 線散乱と透過電子顕微鏡を組み合わせた手法を適用することで、初めてセルロース繊維の解繊プロセスのメカニズムを解き明かした。その結果、衝撃力を使った乾式解繊では、最も水素結合が少なく脆弱なセルロースの疎水性を有した結晶面から優先的に剥離していくことが分かった。この特徴は、例えば選択性を持った吸着材に活かせることが出来、新たなセルロースの資源循環の可能性を切り開くものであると考える。

(本文 48 ページ)