

目次

家庭紙・CNF 特集

- 1 CNF (cellenpia[®]) の開発状況……………村松利一
- 6 リン酸化セルロースナノファイバーの特徴と応用展開……………磯貝拓也
- 10 RCNF 配合無機シートとその特徴……………齋木 輝, 小林貴也
- 15 両親媒性ナノセルロースの電子実装部材であるソルダペーストへの配合検討結果と可能性……………田中裕之, 大熊 章, 伊勢崎 奨, 向 聖良人, 会田哲夫
- 22 パイロットプラントにおける高濃度 CNF 複合樹脂ペレットの製造プロセスの開発……………三好隆裕
- 26 家庭紙における Optix AI による自律制御……………ニック インス, マシユー キャリーコット, 岡村将也
- 31 「お客様と共に」進化する KAWANOE パイロット設備における取組のご紹介……………宇根 誠
- 36 原料事情に応じた家庭紙向け原質ラインのご紹介……………後藤隆徳
- 42 ピッチのお悩み解決! 家庭紙工場における生産性・品質向上と作業環境改善のための持続的ケミカルアプローチ……………寺西良真
- 46 No. 1, No. 2 家庭紙マシンの操業経験……………小澤 弘

総説・資料

- 52 JIS P 8215 パルプ-極限粘度数測定方法-
銅エチレンジアミン法の改正に関する報告……………中西伸夫

シリーズ: 大学・ 官公庁研究機関の 研究室紹介(161)

- 58 九州大学大学院農学研究院 環境農学部門 サステイナブル資源科学講座
高分子材料学分野

研究報文

- 60 アカシア・クラシカルパ材とユーカリ・グランディス×ペリータ交雑種材クラフト
パルプのパルプ特性および漂白性の比較
……………ディアン アプリアンティ, 松下泰幸, 中川明子

工場紹介(108)

- 77 日本製紙株式会社 石巻工場

- 03 会告
- 57 知財散歩道(154)
知財と AI……………畠田真紀
- 82 パピルス
紙・パルプ業界における粒子法シミュレーションの適用可能性
……………栗岡俊介, 藤本 峻
- 86 内外業界ニュース
- 89 特許公報
- 97 全国パルプ材価格
- 98 統計
- 100 協会だより

CNF (cellenpia[®]) の開発状況

日本製紙株式会社 研究開発本部 富士革新素材研究所
村松利一

近年の世界的な環境意識の高まりを受け、低炭素社会や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等のセルロース資源の新たな利用方法として、セルロースナノファイバー（CNF）についての検討を進め、各種用途において実用化を果たしている。

一般に、CNF 水分散体は固形分が低く、水を多く含むため、種々の課題を抱えているが、その加熱乾燥による CNF 固形品の製造では、強い凝集が発生してしまい、CNF の諸物性が低下する。今回、その対策として、アニオン性分散剤の添加、CNF を短繊維化することにより、再分散性に優れた CNF 固形品が得られることを見出した。

当社では、これらの手法を含む様々な技術を組合せ、CM 化 CNF 固形品、TEMPO 酸化 CNF 固形品を製造しており、未乾燥の CNF と同様に、多様な機能性を確認している。現在、CM 化 CNF は食品、化粧品用途での利用、TEMPO 酸化 CNF は工業用途での利用が進んでいるが、今後、この固形化技術により、CNF の用途展開が更に広がり、実用化が加速されることが期待される。

(本文 1 ページ)

リン酸化セルロースナノファイバーの特徴と応用展開

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
磯貝拓也

地球規模の環境問題への関心が高まる中、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、なかでもセルロースナノファイバー（CNF）の多面的な利用が期待されている。

当社が開発したリン酸化 CNF は完全ナノ化されており、その水分散液は高透明かつ高粘性で pH 3-11 という幅広い液性でも安定している。また、リン酸化 CNF の水分散液より CNF シートを形成でき、このシートは高透明かつ高強度で熱寸法安定性にも優れる。以上の特徴を生かし、当社ではリン酸エステル化 CNF（以下、リン酸化 CNF）の用途開発を進め、天然ゴム、ポリカーボネート（PC）、ポリプロピレン（PP）との複合材料を開発した。

天然ゴムは一般的にカーボンブラックにより補強されるが、伸度低下が課題である。CNF は、伸度を維持しながらカーボンブラックと同等の補強効果が得られ、オールバイオマス材料としての利用が期待できる。

PC と CNF シートを積層すると、曲げ弾性率が向上し、線熱膨張係数が低減した。一方で、積層体の透明性は PC 単体と同等であり、ガラスの代替品としての利用が期待される。

PP を自社独自技術によりパルプ繊維と混合すると、課題である脆化が低減され、優れた曲げ弾性率とシャルピー衝撃度をもつ複合材が得られた。この複合材を CNF シートで強化することで曲げ弾性率がより向上した。PP とパルプ繊維の複合材については、射出成形用ペレット開発にも成功している。

今後は上記複合材料を中心にサンプルワークを進め、リン酸化 CNF の社会実装を目指す。

(本文 5 ページ)

RCNF 配合無機シートとその特徴

レンゴー株式会社 中央研究所 研究企画部 企画第二課
齋木 輝
丸三製紙株式会社 技術部 技術課
小林貴也

レンゴーが開発したセルロースナノファイバー“RCNF[®]”の応用事例として、丸三製紙と共同開発した RCNF 配合無機シートを紹介する。丸三製紙ではロックウールを原料とする低密度シートを製造している。軽量で耐熱性や難燃性に優れ、主に高温下での使用が想定されるさまざまな用途で利用されている。しかし、従来のシートは柔らかいため、強度が要求される用途には適さなかった。そこで、シートに RCNF を配合することで高強度化を試みた。RCNF との併用に最適なバインダーの検討を行った結果、RCNF 未配合のシートに比べて引張強度が大幅に向上した。また、RCNF はごく少量の添加で高い補強効果を得られるため、ロックウール本来の性質である高い難燃性を維持していた。軽量かつ高い強度と難燃性を併せ持つ本シートを、石こうボードなどの重い建築材料に代わる軽量不燃建材として活用することで、建設業の施工負担軽減や工期短縮への貢献などが期待できる。さらに、RCNF の配合により、シートの遮音性が大きく向上したことを見出した。従来、高遮音性材料として使われている金属板やゴムシートなどの重量物を RCNF 配合無機シートに置き換えることで軽量化が見込まれ、自動車部材や屋外防音パネルなど幅広い分野で防音材としての活用が期待される。

(本文 10 ページ)

両親媒性ナノセルロースの電子実装部材であるソルダペーストへの配合検討結果と可能性

中越パルプ工業株式会社 開発本部
田中裕之
松尾ハンダ株式会社 管理部
大熊 章
国立大学法人富山大学 都市デザイン学部
伊勢崎 奨, 向 聖良人, 会田哲夫

エレクトロニクス製品は多くの電子部品によって構成されており、電子部品と電子回路をつなぎ合わせる部品接合部材として、はんだが広く採用されている。ソルダペーストは、はんだ合金とフラックス樹脂を混合したペースト状のはんだで、スクリーン印刷後に加熱炉で溶融凝固させて導電接合して用いる素材である。世界的な鉛フリーはんだ化により、現在は Sn-Ag-Cu 系はんだが主流となっているが、鉛入りと比べて硬くて伸びが少なく熱疲労性が悪いという欠点があるため継続的な向上策が検討されている。また、基板への熱影響の少ない低融点の Sn-Bi 系はんだも近年注目されているが、脆いという欠点がある。これら鉛フリーはんだ化に関係なく、ポイドによる内部欠陥が従来からの問題点として存在し、抵抗値の増加やノイズ誘発の原因となっている。

これまでに、水中対向衝突法 (ACC) で製造し、親水性に加えて疎水性を合わせ持つ両親媒性の性質である nanoforest をソルダペーストに添加し、ポイド減少および内部金属結晶粒の微細化、せん断強度向上などの効果を確認している。しかし、CNF がソルダペースト中でどのような役割をしているのか明確ではなかった。そこで、FE-SEM, TOF-SIMS, FIB などの分析装置を駆使し、CNF の存在位置と配位状態の観察結果から、効果発現メカニズムについての検討を行った。また、信頼性評価試験を行い、メカニズムについて検証したので、これらを合わせて報告する。

(本文 15 ページ)

パイロットプラントにおける高濃度 CNF 複合樹脂ペレットの製造プロセスの開発

大王製紙株式会社 生産本部 新素材研究開発室
三好隆裕

セルロースナノファイバー（CNF）は木質バイオマスから取り出した天然由来の繊維であり、低炭素社会の実現にも貢献できる素材である。紙やパルプにはない特異的な性質を活かして、多種多様な用途への展開が進められている。中でも、軽量・高強度の特性を活かして、樹脂やゴム材料等と複合化し、自動車部材や家電筐体等の構造材料として活用が期待されている。軽くて強い特徴を持つ CNF の用途としてユーザーニーズが非常に高い CNF 複合樹脂について、CNF の社会実装の課題の1つである製造コスト低減を目的に、CNF 複合樹脂の製造プロセス開発を行った。

結果、尿素を塗工・含浸した紙を用いたカルバメート化セルロースの量産技術を開発し、また、解繊度を調整して部分的に CNF 化したセルロース繊維を用いる等、混練原料・装置・運転条件の調整による生産性の高い CNF 複合樹脂の製造技術（φ 48 mm 装置で 250 kg/h、CNF 濃度 67%複合樹脂）を確立することで、一貫生産可能なプロセス技術を見出した。CNF 濃度 67%複合樹脂を CNF 濃度 10%となるように PP で希釈混練した複合樹脂を用いて、リサイクルを想定した処理を最大 5 回行い、それぞれ物性を測定した。結果、処理前後で色味に大きな変化はなく、機械的物性（曲げ物性、引張物性、MFR、シャルピー衝撃強さ、ロックウェル硬さ、荷重たわみ温度）の低下がないことを確認した。

当社ではこの成果を基盤として、さまざまな用途展開に対応できる品質、供給量、コスト水準で CNF 複合樹脂を生産するために、商用プラント設置の決定に至った。2025 年度の商用プラント稼働に向け、自動車部材、家電製品、建材、日用品、容器・包装等の分野での用途展開を積極的に進めていく。

(本文 22 ページ)

家庭紙における Optix AI による自律制御

ソレニス（上海）化学株式会社 Asia Pacific
ニック インス
ソレニス合同会社
マシュー キャリーコット
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
岡村将也

紙製造現場において、適切な品質の紙を作り出すためにラボ評価データを活用し操業判断が行われてきた。しかし、その評価の結果が得られるまでには時間を要することから、しばしば保険の為に過剰な薬剤や原料、エネルギーが消費されている。ソレニス社は製品の品質向上や製造効率の最適化を目的として人工知能（AI）と予測技術を用いた自律制御システムを開発した。

この自律制御システムの為に、まず製紙プロセスの情報を観測する予測モデルを構築する。予測モデルの開発の為に時間をかけてプロセスデータを収集し、モデルに学習させる必要がある。プロセスの固有性も考慮する必要があり、非常に複雑な開発工程となる。ソレニス社は予測モデルの開発の為に非線形相関推定器を用いた正則化アプローチを開発した。また、抄紙プロセスは経時的に変化していくため、予測モデルは新しいデータを取り込み、自動的に再学習され、進化し続けるよう構築される。

高い予測精度のモデルが開発された後、マシン毎に推奨エンジンが構築される。クローズドループ制御することにより予測技術が最も活用され、システムの推奨により操業効率の改善が可能となる。

北米のティッシュ工場において AI 自動制御システムを導入し、原材料コストが 10～25%改善され、操業性が安定し損紙の発生も防いだ。また、AI システムがマシンオペレーターの代行をすることで、仕事の負担を減らし、より高いレベルの仕事を実行出来るようになった。

紙製造の予測技術に課題があるが、将来的にはクローズドループの高度な予測による自律制御により、過去には不可能であった機械の最適化が可能となる。

(本文 26 ページ)

「お客様と共に」進化する KAWANOE パイロット設備における 取組のご紹介

川之江造機株式会社 営業部 営業課
宇根 誠

長年にわたり川之江造機は、お客様と共に製紙産業において製造設備を導入してきた。抄紙機から加工機に至るまで共に製造することが出来る世界でも稀な企業であり、幅広いお客様のご要望に応える事が出来る事が弊社の特徴である。より製品開発の段階からお客様と共に伴走できないかという思いの中から、2020年にテクニカルセンターを整備し、CNF連続脱水シート化装置を皮切りに各種パイロット設備を順次導入してきた。昨今では新たな製品開発や各種テストが出来ることが評価され、既存のお客様から新規のお客様までパイロット設備の活用が増加している。

弊社のパイロット設備は衛生用紙はもとより不織布や特殊紙、フィルムなどのシート状の材料にも対応可能な設備となっており、CNFをはじめ脱水の難しい原料のシート化においても様々な挑戦的取り組みを行っている。

パイロット設備に求められる機能は日々変化しており、初期のコンセプトから様々な改良やユニットの増設を加えながら進化するパイロット設備として運用している。

パイロット設備の現状と開発中の新型スリッター装置などの説明を踏まえ、弊社の取組を紹介する。

(本文 31 ページ)

原料事情に応じた家庭紙向け原質ラインのご紹介

株式会社 IHI フォイトペーパーテクノロジー 原質機械技術部
後藤隆徳

近年の製紙原料事情はさらに悪化し、原料確保のために多種多様な製紙原料を扱わなくてはならない状況や、プラスチック系、金属片、粘着系などの様々な異物の混入率が増えており、製品品質を保つための対策の重要性が高まっている。

こうした状況下で、今までと同じ設備・条件下で操業を続けた結果、完成製品の品質の悪化などの問題が顕在化されるようになってきている。

本稿では、家庭紙向けの原質工程に焦点を当て、製紙原料や異物量に応じた異なる3つ（Basic・Comfort・Premium）の原質フローをそれぞれ紹介する。また、主に異物対策として効果を発揮するインテンサパルパ、インテンサマックス、スクリーンドラムから構成されるデトラッシングシステム、高濃度クリーナを2段式にすることで、大小様々な重質異物除去に大きく貢献している高濃度クリーナのプロテクタシステム及び既存の濃縮機や洗浄機の白水やフローテータのフロスに含まれる繊維の回収用として開発された微小丸孔バスケット（FRB）も紹介する。

(本文 36 ページ)

ピッチのお悩み解決！家庭紙工場における生産性・品質向上と 作業環境改善のための持続的ケミカルアプローチ

株式会社日新化学研究所 第一開発部
寺西良真

家庭紙業界では、衛生用紙の需要増加など堅調な推移を示しているが、古紙の品質低下やアカシア等の植林木利用率の増加が原因でピッチトラブルが増加している。

特に、トレンドである長尺トイレットロールにおいては、輸送効率の向上によるCO₂排出量の削減、環境負荷の減少、ロールの交換頻度の減少、高密度に巻くことによる在庫スペースの減少など、多くのメリットがあるが、生産現場では、ロール径を小さくするために紙を強く引っ張ってきつく巻く必要があり、そのため原紙に

ピッチなどが付着していると断紙トラブルが発生しやすくなってしまうといった問題を抱えている。このような問題は、安定操業・品質向上を目指す製紙技術者にとってピッチ問題は悩ましい課題のひとつとなっている。弊社では、ピッチ対策の最も重要な考え方として NISSIN-PCM（日新ピッチコントロールメソッド）を提唱し、ピッチ問題解決のための新しい提案を模索し続けて今日に至っている。必要に応じたピッチ対策を実施することが紙製品の品質向上・生産性向上へ繋がると考えており、本稿では、家庭紙工場のピッチトラブル解決に関する弊社の最新の取り組みについて述べる。

(本文 42 ページ)

No. 1, No. 2 家庭紙マシンの操業経験

クレシア春日株式会社 新富士工場
小澤 弘

クレシア春日新富士工場は、2018年にNo. 1マシン、2020年にNo. 2マシンが稼働、家庭紙マシンとして国内で初めてシュープレスを導入した。プレス出口湿紙水分は、機械メーカーの設計通りの結果が得られ、乾燥エネルギー削減効果を確認できた。しかし、シュープレスの効果はそれだけに留まらない。ヤンギードライヤーの被膜形成に深く関与し、従来のロールプレスでは想像できなかった顕著な効果を把握することができた。

ヤンキーマシンのコア技術はドライヤー表面の被膜形成にあり、均一で細かなクレープの入った弾力性、柔軟性に優れた原紙の抄造は、トイレットロール製品、フェイシャルティッシュ製品の生命線である。抄紙要具の改良、パルプ配合の変更、薬剤の選定、クレープ比の調整など、目標とする品質をイメージしたアクションが、シュープレスでは思い通りの方向に反映される。更にドライヤー被膜の安定は、操業の大敵である紙切れの減少に直結する。既存のロールプレスでは考えられなかった品質と操業の安定を経験することができた。

同じく国内で初めて導入したウェットダストコレクターは、家庭紙製造にとって永遠の課題とも言える紙粉の飛散防止について、その性能を大いに発揮し、抄紙室は洋紙板紙マシン並みの環境に維持できている。火災発生リスクの低減は、事業継続のための大きなアドバンテージである。私共の操業経験が、家庭紙製造の最新技術の普及につながれば幸いである。

(本文 46 ページ)

JIS P 8215 パルプ-極限粘度数測定方法- 銅エチレンジアミン法の改正に関する報告

紙パルプ技術協会 紙パルプ試験規格委員会
中西伸夫

JIS P 8215 パルプ-極限粘度数測定方法-銅エチレンジアミン法の改正が、2025年1月20日に経済産業省から公示された。そこで、改正の背景と主な改正内容について説明した。

JIS P 8215の改正はISO 5351:2010を対応国際規格として規定を追加・変更した。具体的には、①適用範囲をセルロースからパルプに変更したこと、②自動計時装置の使用を許容する規定をB法に追加したこと、③極限粘度数 $[\eta]$ とパルプサンプルの濃度 ρ の積 $[\eta] \times \rho$ の許容範囲を規定し、測定結果が受けるせん断速度の影響をより小さくしたこと、④最近の国際規格には測定方法の精度データを追加することが重視されているので、この規格においても対応国際規格の精度データを追加したこと、などがあげられる。

(本文 52 ページ)

研究報文

アカシア・クラシカルパ材とユーカリ・グランディス×ペリータ 交雑種材クラフトパルプのパルプ特性および漂白性の比較

東京農工大学 連合農学研究科
ディアン アプリアンティ, 松下泰幸
筑波大学 生命環境系
中川明子

インドネシアの紙パルプ製造では、アカシアとユーカリ属、特に *A. crassicarpa* と *E. grandis* × *pellita* のハイブリッド材が原料として使用されている。本研究では、この2樹種の繊維特性、パルプ特性、漂白性を比較した。アカシアとユーカリのクラフトパルプについて、分画処理とラッカーゼ処理の利点について検討した。アカシアパルプの繊維形態は、ユーカリパルプよりも繊維長が長く、細胞壁の厚さが薄く、キンクが低く、微細繊維が多く、単位重量当たりの繊維数が少ないため、シート強度特性が高いことを示した。分画繊維間を比較すると、短繊維画分の方がフィブリル化した繊維が多く、シート強度が向上した。ECF 漂白における総二酸化塩素消費量は、アカシアパルプで 23.3 kg/adt であった。ユーカリパルプのそれは 15.5 kg/adt であり、漂白性はアカシアパルプより良好であった。漂白性の差は、パルプの明度および残留リグニンの構造の差によるものと考えられる。ECF 漂白前のパルプのラッカーゼ処理は、特に中繊維および短繊維画分において、二酸化塩素の総消費量を減少させた。

(本文 55 ページ)