

## 目次

### 第66回—2023年紙パルプ技術協会年次大会特集

	2	基調講演 第66回—2023年紙パルプ技術協会年次大会 持続可能な社会への貢献—グリーン成長を創出する紙パルプ産業—……………福島一守
	10	第66回—2023年紙パルプ技術協会年次大会全般報告 ……………紙パルプ技術協会 総合企画専門委員会
	16	第51回 佐々木賞受賞者
	18	第51回 佐々木賞受賞挨拶
	21	2023年度 出展会社及び出展品目
第51回 佐々木賞 受賞講演	25	ドライヤー工程における生産性向上およびCO <sub>2</sub> 排出量削減技術の応用 —Kurita Dropwise Technology®—……………氏家章吾, 森 信太郎
	31	次世代に貢献する連続式パルパーデトラッシュ装置 S-PAL システム ……………岩谷陽一郎
一般講演	35	石巻工場 1 KP でのキレート剤適用の操業経験 ……………木村 浩, 山内拓哉, 真壁和彦, 清水正裕
	40	漂白剤のエネルギー需要とカーボンフットプリント ……………アレクシス メテース, 蘇 涛, 坂本沙織, 疋田清光
総説・資料	45	オンデマンド印刷機の進化とメディア開発……………木坂隆一

03 会告

68 Coffee break  
先頭に立つ3手法……………池田晴彦

69 パピルス  
最近の注目特許

76 内外業界ニュース  
81 特許公報  
92 全国パルプ材価格  
93 統計  
95 協会だより

## ドライヤー工程における生産性向上および CO<sub>2</sub> 排出量削減技術の応用策 —Kurita Dropwise Technology®—

栗田工業株式会社 事業開発二部 CSV 企画課  
氏家章吾  
栗田工業株式会社 イノベーション本部 知財戦略部  
森 信太郎

Kurita Dropwise Technology は、蒸気を使用する熱交換器に撥水性を付与することで熱伝達率を向上させ、生産設備の生産性向上や省エネルギー（CO<sub>2</sub> 排出量削減）に貢献するクリタ独自の技術である。本技術は国内外の様々な業種において 300 設備以上の適用実績がある。製紙工場においては、最も多くのエネルギーを使用する抄紙機ドライヤーパートを対象に、本技術を活用した「ファインスチーム™」が国内外で 150 件以上の技術導入が進んでいる。そして各所における蒸気原単位の改善率は 3～10%と高い値が実証できている。近年、蒸気原単位の改善に加えて、抄速の向上、ドライヤー駆動電力消費量の低下、メンテナンスの削減、ドレン回収率の上昇、立上げ時間の短縮、損紙量の削減などの様々な価値を創出できることも確認できた。また、これら効果の発現が難しいとされていた高速マシンにおいても、設備条件次第で本技術の効果が得られつつある。

更に、本技術は、蒸気を使用する全ての熱交換器に適用可能であるため、製紙工場の新たなプロセス設備への導入を進めている。一例として、黒液エバポレータ、発電ボイラのタービン復水器、パルプシートマシンの乾燥工程が挙げられる。

今後はさらに本技術を導入する業種・設備の幅を広げ、蒸気の利用効率を最大化させることにより、カーボンニュートラルを始めとした社会と企業の共通価値の創出に貢献する所存である。弊社は水と環境に関わる多数のソリューションをグローバルに提供している。本技術を起点とし、当社と共に操業改善に取り組むきっかけとなれば幸いである。

(本文 25 ページ)

## 次世代に貢献する連続式パルパーデトラッシュ装置 S-PAL システム

相川鉄工株式会社 技術部  
岩谷陽一郎

これまでのパルパーデトラッシュシステムは、一般的にはバッチ式の処理であった。確実な繊維回収には有効であったが、近年の悪化する古紙原料事情に対応しきれず、パルパータブ内の粗大異物除去効率は低下の傾向であった。今後も、未選別古紙の使用割合は増加していく傾向であると考え、完全な連続式デトラッシュシステムである S-PAL システムについて提案し、実績を報告する。

S-PAL システムは、それぞれ新規に開発された無閉塞ポンプ・デトラッシャー・ドラムスクリーンから構成される。連続的に異物の処理が可能となった結果、処理効率は大幅に向上。供給される異物に対して、処理効率が上回る結果となった。

これら新技術は、日本国内のみならず、全世界的に採用・実績が進んでおり、今後もより厳しくなる現状に対抗できる提案であると確信している。

(本文 31 ページ)

## 石巻工場 1 KP でのキレート剤適用の操業経験

日本製紙株式会社 石巻工場 原質部 原質二課  
木村 浩, 山内拓哉, 真壁和彦, 清水正裕

日本製紙石巻工場 1 KP 工程では NBKP（針葉樹材）を製造している。近年、使用材種の国内材化に伴い、国産材に多く含まれる Ca の影響と考えられる木釜への Ca スケールを含む汚れ付着が顕著化した。このため、

連続操作を維持（半年間）できない、或いは、蒸気原単位悪化等の蒸解効率を低下させる状況となっていた。

従来、Ca スケールを含む汚れに対して、シャットダウン（SD）毎に木釜頂部と本体をスルファミン酸にて洗浄し除去、設備の健全性の回復を図ってきた。しかし、スルファミン酸は Ca スケール溶出には効果が高いものの、酸による木釜母材への腐食のリスク、人力での溶解作業を伴う高い作業負荷、酸洗後の酸液中和・放流作業では硫化水素ガスの発生リスク等があり、細心の注意を払った作業となっていた。

そこで今回、栗田工業株式会社より木釜の洗浄薬品にキレート剤を使用する提案を頂き、我々の過去の操業経験を踏まえ、SD での洗浄テストを実施した。その結果、スルファミン酸洗浄の場合と同等の Ca の溶出を確認した。さらに、トップセパレータバスケット目視点検では劇的な Ca スケールを含む汚れの除去を確認できた。また、蒸解ヒーターチューブでも付着 Ca スケールが少なく、従来実施のジェット洗浄作業を回避した。

以上、木釜洗浄へのキレート剤適用は有効な手段であることが確認できた。そして、KP 工程の Ca スケールを含む汚れが引き起こす様々な問題に対し、キレート剤は安定操業の維持、作業軽減・安全性の確保をもたらし、さらには、コストダウンにも貢献すると期待される。

（本文 35 ページ）

---

## 漂白剤のエネルギー需要とカーボンフットプリント

ザイレム  
アレクシス メテース、蘇 涛、坂本沙織、正田清光

2022 年にエネルギー価格が大幅に上昇し、不安定な状態が続いている。これにより、競争力のあるパルプの漂白コストと温室効果ガス（GHG）排出削減の両方の目標を一度に満たすことがより難しくなった。本稿では、まず、化学パルプの漂白に関与する主要な化学薬品の製造におけるエネルギー需要（酸素、オゾン、二酸化塩素、過酸化水素）と必要な化学物質の前駆体について検討する。その後、異なる国の電力グリッドの影響を考慮して、カーボンフットプリントを評価し、パルプ製造業者および地域の規制当局の支援に寄与することを目指す。

（本文 40 ページ）

---

## オンデマンド印刷機の進化とメディア開発

三菱製紙株式会社  
木坂隆一

1450 年ドイツのグーテンベルグによって開発された印刷は、紙を媒体とする情報伝達手段として発展してきたが、インターネットの普及により印刷物からディスプレイへ移行し、カタログ、ポスターなど商業印刷の減少が加速する状況にある。一方、コンピュータの出現により、1990 年頃からオフセット印刷とは機構が異なるものの「オフセット印刷に近い出力品質」が得られ、かつ商業印刷における「小ロット・多品種・短納期」の要求に応えるオンデマンド印刷機（電子写真方式やインクジェット方式など）が多数登場し、2000 年代になるとデジタル化およびカラー化の要素技術の飛躍的な向上を背景に、その利用分野は商業印刷や写真印刷へと拡大が見られ、今後も市場への浸透が進むと予想されている。

本稿は、オンデマンド印刷機の技術革新とそれに使用される用紙について、電子写信用紙、インクジェット用紙に分けて報告するもので、市場からの要望性能（高画像化、高機能化、低コスト化など）に如何に対応してきたかを、既報文および筆者がこれまでに携わった用紙の開発結果を基にまとめた。

（本文 45 ページ）

## CNF・家庭紙・機能紙特集

- 1 セルロースナノファイバー「セレンピア<sup>®</sup>」の食品用途……………松岡 孝
- 5 リン酸化セルロースナノファイバーの特徴と開発状況……………佐藤未歩
- 9 CNF 強化樹脂 (cellenpia<sup>®</sup> PLAS) の開発状況……………福田雄二郎
- 14 セルロースナノファイバーを活用した新規農業資材……………林 優衣
- 18 CNF 複合樹脂製造プロセスの開発……………今井貴章
- 23 環境にやさしい家庭紙薬品の紹介……………津田貴智, 土田人史
- 29 省エネ・高品質抄造に最適な新世代プレス装置「アドバンテージ・ビスコニップ」の既設マシンへの導入……………横内俊吾
- 33 ティッシュマシン向けワイヤ及びフェルト洗浄装置  
—CleanLine Excell—……………舟井一浩
- 39 ワイヤーにおける省エネ・操業改善事例……………山田壱路
- 44 家庭紙の生産性向上対策  
—セルロース繊維がコーティング被膜に及ぼす影響と対策—……………稲松 遼
- 48 家庭紙におけるファイバーコスト削減アプローチ  
……………渡邊竜平, 越智 守, 加藤宏彦
- 53 機能紙を対象とした画像解析と 2D/3D 元素分析……………池崎満里子, 中江俊喜

シリーズ: 大学・  
官公庁研究機関の  
研究室紹介(155)

- 58 日本大学 生物資源科学部 森林学科 バイオマス資源化学研究室  
大学院生物資源科学研究科 生物資源利用科学専攻

- 03 会告
- 60 知財散歩道 (148)  
「参考になれば」……………浦崎 淳
- 61 Coffee break  
宇宙・航空博物館, 航空機ミュージアム……………豊福邦隆
- 62 パピルス  
ミジンコの世界……………辻 志穂
- 67 内外業界ニュース
- 71 特許公報
- 79 全国パルプ材価格
- 80 統計
- 82 協会だより

## セルロースナノファイバー「セレンピア®」の食品用途

日本製紙株式会社 バイオマスマテリアル事業推進本部  
松岡 孝

日本製紙の「セレンピア®」は、CMCと同じ化学構造をもったセルロースナノファイバーとして、唯一、食品添加剤として使用できる。

「セレンピア®」の次の5つの機能を全て兼ね備えており、またごくわずかな添加量で幅広い食品の品質安定化が可能な素材である。

- ① 「保水性」…水を安定的に保ち、離水や乾燥を防ぐことができるので、食材や生地への水分移行を抑制。
- ② 「保形性」…パンなどの腰折れを防ぎ、また長時間加熱でも形状を保持し、また水分の多い状態でも生地のべたつきを抑え、作業性向上にも寄与。
- ③ 「気泡安定性」…気泡が潰れにくく、きめ細かなふっくらとしボリュームを保持。かねつによる生地の凹みや縮みを防止。
- ④ 「懸濁安定性」…セレンピア®のセルロース繊維のネットワーク構造により溶液に含まれる不溶性成分をどの温度帯に関わらず低粘度で均一分散状態を長時間保持。
- ⑤ 「乳化安定性」…フラワーペーストや油系調味料などの油系食品において物性を安定化加熱工程での油分離、離水を防止し、口どけを控除。

また、原料は木質バイオマスを利用しているが、当社の持続可能な管理が行われている森林資源から調達しており、社会全体で炭素循環を進めていくことにも繋がり、SDGs 達成へ貢献する食品添加剤と言える。

(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開発状況

王子ホールディングス イノベーション推進本部 CNF 創造センター  
佐藤未歩

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。

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、新規の複合材料の開発を進めている。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、オールバイオ材料としての利用が期待される。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。PC の透明性は維持されており、ガラスの代替品としての利用が期待される。

また、PP を自社独自技術を活用して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。弊社は、開発した複合材料のサンプルワークを進め、引き続きリン酸化 CNF の特徴を活かしながら、セルロース系材料の複合材への利用を積極的に進める。

(本文5ページ)

## CNF 強化樹脂 (cellenpia<sup>®</sup> PLAS) 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  
福田雄二郎

近年、世界的な環境意識の高まりから、低炭素社会、持続可能な循環型社会の実現が求められている。当社は紙に使用されるパルプなどに由来するセルロース資源の新しい展開先として、セルロースナノファイバー (CNF) についての検討を進めてきた。これまでに、TEMPO 酸化 CNF やカルボキシメチル (CM) 化 CNF などにおいて、いち早く量産化設備を導入し、実用化を果たしている。さらなるセルロース資源の活用法として、セルロース繊維をプラスチック (樹脂) の補強材として使用する強化樹脂事業への展開を進め、自動車部材や建材などの構造材用途への活用を検討している。CNF 強化樹脂は、セルロースを細かく粉砕し、これを樹脂中に均一に分散した補強材として活用できる素材である。また自動車部品など構造材料の軽量化による二酸化炭素排出削減のための補強材としての開発が活発に行われている。さらにセルロース資源は再生可能な材料であり、この材料を使用することで、プラスチックの使用量や廃棄物量の削減に貢献することも可能である。

このような強化樹脂について、当社は京都大学矢野教授らと共同で開発した、変性パルプと樹脂との混練時に解繊と分散を同じに行う、パルプ直接混練法 (京都プロセス) を使用して開発している。我々は 2017 年には実証設備を導入し、希望するメーカーにサンプルワークを進めてきた。本報告では、当社実用化検討の中で得た知見の一部を紹介し、当社 CNF 強化樹脂事業の展望を報告する。

(本文 9 ページ)

## セルロースナノファイバーを活用した新規農業資材

中越パルプ工業株式会社 開発本部  
林 優衣

安定した食料生産と持続性の両立のため、植物病害による農作物の損失を抑制でき、かつ環境負荷の小さい資材の開発が必要とされている。植物由来の新素材であるセルロースナノファイバー (CNF) は幅 100 nm 以下、アスペクト比 100 以上の極微細な繊維である。当社では、水中対向衝突法にて製造した CNF (ACC-CNF) を用いた新規農業資材：nanoforest-S【アグリ】を開発した。本資材はセルロース繊維と水のみから成り、極微細な繊維の膜で葉表面を物理的に保護するという新しいコンセプトの農業資材である。nanoforest-S【アグリ】は殺菌・殺虫成分を含まず、ACC-CNF の特徴である両親媒性を利用し、「マスク効果」・「カモフラージュ効果」の 2 つのユニークな効果によって病原菌の侵入を物理的に抑制する。本資材は大部分の植物病害の原因となる糸状菌 (カビ) と細菌の両方の侵入抑制に効果があることが学術的にも示されている。また、物理的保護資材であるため、耐性菌が発生しない、作業や環境に優しいという特徴がある。本資材は農林水産省の「みどりの食料システム戦略」でも推奨されている総合防除 (IPM) の「物理的防除」に対応する資材である。ラボレベルでの検証のほか、生産現場での検証も行っており、当社 CNF 第一期商業プラントのある九州地方の生産者様にご協力をいただき実施した試験でも、良好な結果が得られている。今後も圃場試験及び研究開発を重ね、本資材を活用した農業への貢献を目指していく。

(本文 14 ページ)

## CNF 複合樹脂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  
今井貴章

セルロースナノファイバー (CNF) は、軽量・高強度・低線熱膨張・高粘性・透明性・ガスバリア性等、紙パルプにはないさまざまな特異的性質を有し、近年注目を集めている次世代バイオマス先端素材である。CNF のさまざまな特異的性質を利用し、様々な用途展開が提案されており、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、スケールアップ可能な条件で、原料から CNF 複合樹脂ペレットまでを一貫生産するプロセスの開発を行い、従来の方法よりもコストと CO<sub>2</sub> を削減できる技術開発を行った。

結果、薬液塗工した紙を連続的に変性する技術と、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）を確立し、一貫生産可能なプロセス技術を見出した。

CNF 濃度 10%に PP で希釈した複合樹脂を用いて、リサイクルを想定した処理を行った結果、処理回数増加に伴い着色が進行するものの曲げ物性の低下はなかった。同様に、化学安定性試験を行った結果、PP よりも CNF 複合樹脂の方が着色し易いものの、機械的物性（曲げ弾性率、引張弾性率）および、質量・寸法変化は PP とほぼ同等の結果であった。2020~2022 年に CNF 複合樹脂を 100 以上の企業や機関（主に、自動車用途、日用雑貨用途、建材用途、家電用途）に提供し、評価を受けることで必要な改善項目を抽出できた。抽出した課題（分散性、耐衝撃性、成形性、着色性等）の改善を引き続き進めていく。

(本文 18 ページ)

## 環境にやさしい家庭紙薬品の紹介

伯東株式会社 ケミカルソリューションカンパニー 技術・生産本部 四日市研究所 技術グループ  
津田貴智, 土田人史

近年、地球に優しい環境、働きやすい環境を作るため、PRTR 法（化管法）、安衛法、消防法などの各種法改正が行われている。

PRTR 法では、令和 5 年より、多くの化学物質が対象物質として追加されることとなった。環境に配慮するためには、PRTR 法該当物質を極力使用しないことが好ましく、弊社では、環境に優しい家庭紙薬品として、PRTR 該当物質を全く含まないコーティング剤および剥離剤の開発に成功した。

また、安衛法改正に伴い、事業者はリスクアセスメント強化等、従業員の健康に配慮することがますます求められている。家庭紙製造プロセスは、紙粉が発生しやすいという特徴があるが、紙粉を吸い込むと、従業員の健康に悪影響が出る恐れがある。さらに、紙粉は出火の原因となる可能性も孕んでいる。

そのため、健康被害や出火リスクを減らせるよう、弊社では、紙粉の量を減少させる薬剤である紙粉防止剤を開発した。

これら PRTR 非該当コーティング剤（ハクリード 922）および剥離剤（ハクエース YR-212）、新規紙粉防止剤（ポリマスター R-600 シリーズ）の 3 薬品について紹介する。

(本文 23 ページ)

## 省エネ・高品質抄造に最適な新世代プレス装置「アドバンテージ・ビスコニップ」の既設マシンへの導入

川之江造機株式会社 営業部  
横内俊吾

近年の家庭紙製造メーカーに於いては、原燃料費の高騰によりエネルギー効率の高い設備が求められている。また、製造ライン全体での高い運転効率、長尺製品向けの低坪量品種から嵩高なプレミアム品種まで幅広い操業条件に対応できることも重要となっている。

川之江 / Valmet が提供するプレス装置『Advantage™ ViscoNip® press (ビスコニップ)』はプレス脱水率の向上、ニッププロファイルの向上及び幅広い運転条件での操業を可能とした。ビスコニップでは内部の特殊ポリウレタン製加圧エレメント内に油を送り込むことで加圧する。柔軟性と耐摩耗性を備えた材料を使用し、ドライヤ表面への追従を可能にした。エレメントはプレス時にフェルトからの水戻りが最小限となるよう設計されており、サクシオンプレスロールに比べドライヤへの持ち込み水分を 2~7%削減できる。この持ち込み水分の削減は、最大 25%の乾燥エネルギーの削減が可能である。ビスコニップはロールクラウン調整を必要とせず、

任意のニップ圧力にてドライヤ表面の変形に追従出来るため、幅広い条件での運転が可能となる。均一なニッププロファイルは、良好な水分プロファイルを実現し、断紙回数的大幅な低減、ドライヤコーティングの安定性、フェルトやベルト寿命の向上、加工機操業効率の向上等の多くのメリットをもたらす。ビスコニップの導入は新設マシンのみならず既設マシンに於いても可能であり、サクシヨンプレスロールをビスコニップへ置き換えることで、省エネ及び幅広い操業条件への対応を可能とする。

川之江 /Valmet は、大きく変化する環境に柔軟に対応し、信頼されるパートナーとして『お客様とともに』業界の発展に寄与したい。

(本文 29 ページ)

## ティシュマシン向けワイヤ及びフェルト洗浄装置 —CleanLine Excell—

株式会社 IHI フォイトペーパーテクノロジー 技術営業部  
舟井一浩

ティシュマシンの要具汚れは製品の生産性や品質、操業コスト、そして安全性に大きく影響を与えるため、常に要具の性能を維持することが不可欠である。お客様によっては一般的な要具洗浄方法として使われる高圧水シャワーに加えて、劇物である化学薬品などを使用しなければならない場合もある。

CleanLine Excell は VOITH 社の要具部門とともに開発されたトラバース型洗浄装置である。極小径のノズルからの少量の高圧水による洗浄により、フェルト、ワイヤへダメージを与えるリスクを低減する。また複数配列の高圧水ジェットによって高圧水シャワーと比較してフェルト、ワイヤ内部まで効果的に洗浄することができ、薬液使用量が低減された実績もある。さらに従来の高圧水シャワーと比較して大幅に消費水量と使用頻度を減らすことができる。

CleanLine シリーズは抄紙機のあらゆるセクションや紙種において、要具洗浄で高い能力を発揮し、今後も製紙業界の発展に貢献していく。

(本文 33 ページ)

## ワイヤーにおける省エネ・操業改善事例

日本ファイルコン株式会社 製紙・機能ファブリックカンパニー 国内営業部 東京営業所  
山田 竜路

抄紙用ワイヤーはワイヤーパートで使用される用具であり、その役割は①パルプスラリーの脱水、②紙質の形成、③次工程（プレスパート）への搬送の3つである。特に、紙質形成に関しては紙の出来上がりを左右する重要な役割であるため、その要求度は高い。また、坪量範囲が薄物から厚物まで広範囲であることから脱水や搬送に関しても多様な要求がある。現代では製紙業界における高品質、高生産性への要求が高まり、抄紙機は大型化、高速化へと発展している。抄紙用ワイヤーもその要求を満たすべく常に進化し続けている。

昨今、紙の需要が伸び悩む中、家庭紙においては堅調な推移を示している。日本ではコロナ禍における衛生意識の高まりにより、宿泊施設や飲食店でのタオルペーパーの需要が増加した。また海外でも人口増加や衛生環境の改善等で家庭紙の需要が増加しており、今後もグローバルな成長が見込まれている。家庭紙抄造のマシンには様々なタイプがあり、弊社では各種マシンの要望に沿ったワイヤーの開発を進めてきた。家庭紙用ワイヤーは繊維支持性、脱水性、洗浄性、走行安定性等が求められ、それらの優先順位を鑑みた上で、各マシンに適したワイヤーデザインの選定が重要となる。また近年では環境問題の意識の高まりにより、ワイヤーに対し省エネ性能も求められている。多くの要求事項に対応しつつ更なる付加価値を有した、個々のマシンに最適なワイヤーを継続して開発、選定していく。

本稿では家庭紙用ワイヤーの特徴と省エネ・操業改善に至った事例を紹介する。

(本文 39 ページ)

## 家庭紙の生産性向上対策

### —セルロース繊維がコーティング被膜に及ぼす影響と対策—

株式会社メンテック 富士事業所 開發生産技術二課  
稲松 遼

近年、日本の製造業における人手不足は、年々深刻となっている。製紙業界においても、ネット通販の拡大により、段ボール需要は堅調に推移、加えてティッシュなどの衛生用紙も底堅い伸びを見せているが、製紙の現場における人手不足は喫緊の課題である。

対策としては、働き方改革と言われるような、IoTの活用やDXの推進による労働環境の改善や業務効率化が求められる。取り分け、家庭紙抄造において、製品品質や生産性に多大なる影響を及ぼすヤンキードライヤーのコーティングおよび原紙のクレープの把握は、多数の要因が複雑に絡み合っていることから、長年の現場経験を必要とし、属人的な判断となるため、業務の標準化も難しい。

この課題に対し弊社は、ヤンキードライヤーのコーティングおよび原紙のクレープについて、画像解析によるリアルタイムモニタリングシステムの開発を検討している。これにより、誰もが簡単に同じ目線で、ヤンキードライヤーのコーティングおよび原紙のクレープの現状を把握することができれば、業務効率化だけでなく、生産性の向上、危険作業の回避、技術伝承問題の解決にも寄与することが可能だと考える。

今後の少子高齢化社会において、製紙の現場における人手不足は事業を継続する上での喫緊の課題になることから、本報告のような第一歩をいかに早く踏み出すかが重要と考える。

(本文 44 ページ)

## 家庭紙におけるファイバーコスト削減アプローチ

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

ティッシュペーパーやトイレットペーパー、ペーパータオルといった家庭紙は、ペーパーレス化が進む現代社会においても、IT化が更に進んだ未来においても、私たちの生活になくてはならない必需品である。

一方で、新型コロナウイルスやロシアーウクライナ戦争の影響を受けて、原材料及びエネルギーコストは大幅に上昇し、家庭紙メーカーの収益性を圧迫している。特に、家庭紙の原材料費の80%以上を占めるファイバーコストの上昇は、3年前と比較して2倍以上に達しており、家庭紙メーカーにとって最も頭が痛いトピックである。

家庭紙に求められる機能や生産性を損なわずに、ファイバーコストを削減するにはどのようなアプローチが必要か。本邦では、『家庭紙におけるファイバーコスト削減』をテーマとして、弊社が提供する以下3つのアプローチについて紹介する。

- ① 変動最小化ソリューション『ReelTime (リアルタイム)』による坪量減
- ② 嵩と吸水性を向上させるスペシャルクレッピングブレード『Textura (テクスチュラ)』による坪量減
- ③ ヘッドボックスシート・エネルギー最適化による紙力改善がもたらすNBKP配合減

(本文 48 ページ)

## 機能紙を対象とした画像解析と2D/3D 元素分析

伯東株式会社 システムプロダクツカンパニー 営業一部  
池崎満里子, 中江俊喜

業界の効率化が進むに際し、品質管理や不具合解析のニーズは多様化、高度化している。それらの要求に応える評価、分析技術も日々向上しているものの、既に確立された分析手法への信頼と日常のルーチン業務の中で、他の業界では既に積極的に採用されて久しいような分析技術であってもその技術を評価し、自業務での活用を検討するということは簡単なことではない。今回そのような技術について製紙業界で適用評価を行う参考として、

最新の画像解析ソフトウェアを用いた製紙表面の異物含有率評価，繊維片の幅の分散評価に加え，レーザー誘起ブレイクダウン分光分析（LIBS）法を用いて染色紙を例とした塗料や添加剤の異同識別や品質評価を目的とした水素－炭素比解析と，塗料や添加剤の分散評価を目的とし主に有機元素を対象とした2D/3Dの多元素分散解析を行い，アプリケーション利用の可能性が示唆される結果を得られたので報告する。

(本文 53 ページ)

---

## 自動化技術・IoT/DX特集

- 2 第47回自動化技術セミナー(旧称:紙パルプ計装技術発表会)開催報告  
「製造現場の変革—最新の電装技術と自動化への展望—」  
……紙パルプ技術協会 自動化委員会
- 6 デジタル化が実現する革新的な操業管理  
—時系列情報のデジタル化の必要性—……西田祐介
- 12 最新の発電機オンライン絶縁診断について……高根沢 真
- 20 プラント運転員の手動操作を学習したAIによる自動運転の実現……浅村和人
- 25 家庭紙加工設備におけるスマート工場の実現……高井真也
- 28 センサー・分析機器活用のための小規模高度制御ソリューション……和田 望
- 34 第23回紙パルプ計装基礎講座開催報告

### 総説・資料

- 35 古紙置場をデジタルに再現  
—BI×IoT×データの活用による可視化事例—……北村泰一
- 39 制御AIがもたらすDX  
第52回日本産業技術大賞 内閣総理大臣賞受賞……清水 誠
- 43 会社紹介・製品情報(50)  
アクアス株式会社

### 研究報文

- 49 PBF方式3Dプリンター用CNF強化PA6の特性について……井上亮太, 伊達 隆

- 03 会告
- 59 パピルス  
最近の注目特許
- 65 内外業界ニュース
- 68 特許公報
- 76 全国パルプ材価格
- 77 統計
- 79 協会だより

## デジタル化が実現する革新的な操業管理 — 一時系列情報のデジタル化の必要性 —

日本ハネウエル株式会社 ハネウエル・サイバー・アンド・コネクテッド・インダストリアル  
西田祐介

世界的な感染症流行が報告される前である 2018 年から 5 年が経過する中、当社の製品戦略も大きく変化を遂げた。当社の歴史的変遷を改めて紹介し、産業界における大局的なビジネス動向と求められる企業戦略、そしてそれを実現するために求められる革新的なデジタル技術を活用した操業管理について述べる。

製紙業界における経営課題として 2013 年から続く「持続可能な開発」および「エネルギー利用と CO<sub>2</sub> 排出削減」への継続的な活動、新しく政府ガイドラインに従う「物流の適正化・生産性向上」が取り組みを行うべき課題として認識されていることが見て取れ、時代とともに変化する経営課題の解決に対し、安全かつ最適な操業状態を定義することが革新的な操業管理を実現するために求められており、デジタル技術により継続的に結果を管理し改善していく結果、最大の利益を生み出すことが可能となる。

ここでは当社が提供する製品群の中からデジタル技術を用いて実現可能な操業管理システムを構成するソフトウェアを紹介し、革新的な操業管理実現に最も必要なこととは何であるかについて述べる。

(本文 6 ページ)

## 最新の発電機オンライン絶縁診断について

東芝エネルギーシステムズ株式会社 パワーシステム事業部 / 水力・発電機部  
高根沢 真

発電所や工場の設備として設置される発電機は、重要な電源設備である。長期間安定して運転するには、運転状態を把握し、定期的にメンテナンスを行うことが必要である。近年の再生可能エネルギーの導入に伴い、火力発電所は従来の運用とは異なる調整電源の役割を担うようになり、発電所全体の監視強化が求められている。そこで東芝は、CPS ベースの IoT プラットフォーム “TOSHIBA SPINEX for Energy” に発電機器診断用の IoT アプリケーションを組み込んだ、新しい発電所監視診断システムを開発した。このシステムは機器の運転状態をリアルタイムに監視することで停止に至る故障の予兆を検知し、最適なメンテナンス計画を立案して設備稼働率を改善する。故障停止に至ってしまった場合には、故障原因と対策を提示することで、早期復旧を支援する。この監視診断システムは工場の発電設備にも適用できる。

発電機の固定子コイルは長期間運用すると絶縁が劣化し、地絡事故に至ることがある。事故により発電機は計画外停止となり、地絡した固定子コイルを修理するには長期間を要する。発電機の長期計画外停止を回避するためには絶縁診断を実施し絶縁劣化の状態を把握することが重要である。従来、固定子コイルの絶縁診断方法は、発電機を停止した状態で実施され、複数の試験結果で絶縁状態を総合的に診断するオフライン絶縁診断が行われてきた。今後は、運転中に絶縁状態の傾向を監視できるオンライン絶縁診断が主流になると考えられる。

東芝では、“TOSHIBA SPINEX for Energy” に診断用の IoT アプリケーションとして搭載が可能で、発電機の機外に非接触センサを設置するオンライン絶縁診断システムを開発した。本稿ではその特長を紹介する。

(本文 12 ページ)

## プラント運転員の手動操作を学習した AI による自動運転の実現

横河デジタル株式会社 ソリューションビジネス事業本部 制御コンサルティング部  
浅村和人

市場ニーズの多様化に伴い、多品種少量生産の必要性が増したことで、化学プラントにおけるオペレーションの難易度が従来に比べ格段に上がっている。また労働人口の減少に伴い、運転員の確保や運転技術の継承がプラントを操業する企業にとって共通の課題となっている。

「AI プラント運転支援ソリューション」は、プラントのプロセスデータと運転員の操作履歴より運転員の操作を

学んだ AI モデルを作成し、AI モデルを活用したガイダンスおよびオートパイロット（自動運転）機能を提供する。オートパイロットにより手動操作負荷を軽減し、運転員の手動操作と比較して高頻度（分単位）での操作が可能となり、プロセスの安定性向上に寄与する。

また、プラントの状況変化に応じて、操作推奨値を算出する仕組みとして、本ソリューションでは、AI が運転員の操作を自動で再学習する機能（自動再学習機能）を設けている。

本ソリューションを稼働中の化学プラントに導入し、24 時間連続試験を実施した。試験の結果、従来技術では制御が難しかった工程の自動運転に成功するとともに、運転員による手動操作を超えるプロセス安定度を実現した。

（本文 20 ページ）

## 家庭紙加工設備におけるスマート工場の実現

ダイオーエンジニアリング株式会社 保全本部 可見保全部 洋紙保全課  
高井真也

当工場の家庭紙製品加工設備において、生産安定、歩留改善、品質安定を目的に生産管理システムを導入した。また、導入にあたっては、拡張時のコストや改良時の柔軟性等を考慮し、自社設計でシステム開発を行った。

ネットワークを構築したことで、製造ラインは生産状況の見える化や日報の自動化、品種切替えの自動化が可能となり、オペレータの意識改革やデータ分析による問題解決、ポカミス防止等のメリットに繋がった。

また、新設ラインだけでなく、既設ラインも事務所や出張先、自宅からも接続できるようにしたことで、リモートメンテナンスが可能となり電気担当者の呼出し削減だけでなく、操業を停止して、電気担当者が到着するまでの停止待ち時間削減にもなり、双方の負担軽減に繋がった。

（本文 25 ページ）

## センサー・分析機器活用のための小規模高度制御ソリューション

フォイトターボ株式会社 BTG 事業部 プロセスソリューションズ  
和田 望

今日の高度な自動化技術には DCS や OPC といった IoT の基盤が実装済みであることが概ね前提となっている。BTG/Capstone の予測モデル制御ソリューションである OnEfficiency や、情報一元化・統合ソリューションである dataPARC においても同様である。

一方で、DCS・OPC が未実装な、特に中小企業の工場においては、システムを一から設計・導入となると莫大なコストや検討におけるマンパワーが大きなハードルとなって立ちふさがってしまうことであろう。

製紙業界全体の自動化技術を向上・普及するには、APC のような予測モデル制御を提供しつつ、かつ従来の PID コントローラーのようなコスト・マンパワー面での敷居の低さを両立した新規ソリューションが必要である。

本稿では、APC と従来 PID 制御の間に位置する新規ソリューションについてそのコンセプトを紹介し、日本の製紙業界における自動化技術の普及を後押ししたい。

（本文 28 ページ）

## 古紙置場をデジタルに再現

—BI×IoT×データの活用による可視化事例—

三谷産業株式会社 情報システム事業部 福井支店 福井営業課  
北村泰一

近年の燃料費の高騰から、回収・運搬コストが増加、東南アジアでの古紙需要の急増などから、古紙のコストは上昇を続けているため、無駄にならない古紙在庫管理が必要となる。

上記の背景の中で、今回の取り組みでは、レンゴー株式会社福井事業部金津工場様（以下、金津工場様）と共

に、IoT (Internet of Things) によるデータ収集と、収集したデータと BI (Business Intelligence) による古紙ヤード (以下、ヤード) のデジタル化を通じて、古紙の循環性を更に高める、先入先出の実現を目指した。

問題の解決のために、センサーデータ (非構造化データ) と古紙在庫データ (構造化データ) の構造の異なる 2 種類のデータの統合のために課題はあったが、金津工場様のご協力のもと解決することができた。

BI 導入によって構造化データの視認性が高まり、原料のトレーサビリティが明確になり、有事の際どのロットの古紙がリスクであるかを瞬時に追跡することができるようになった。加えて、視覚的に古紙の状態を把握することができるようになったことで、劣化した古紙の滞留を防ぐことができ、適切な原料出庫によって製品の歩留まり率が向上し製品品質の向上につながった。

(本文 35 ページ)

## 制御 AI がもたらす DX

— 第 52 回日本産業技術大賞 内閣総理大臣賞受賞 —

横河デジタル株式会社 DX コンサルティング事業部  
清水 誠

日本の製造業は、高品質な製品と高い技術力によって、長年にわたり世界を牽引してきたが、近年、急速な外部環境変化や国際競争力激化への対応を迫られている。同時にデジタル化や AI 技術の発展にともない、多種多様な AI が存在する。DX という旗印の下、多種多様な AI を製造現場に適用を進めているが、製造業で大きな成功事例を聞くことは少ない。本稿では、日本の製造業が国際競争力となる差別化要素を作り出す最も期待される AI とは何か、日刊工業新聞社が主催する「第 52 回日本産業技術大賞」の最高位となる「内閣総理大臣賞」を受賞した制御 AI を活用し化学プラントの自律制御に成功した事例を紹介する。

(本文 39 ページ)

## 研究報文

### PBF 方式 3D プリンター用 CNF 強化 PA6 の特性について

日本製紙株式会社 研究開発本部 富士革新素材研究所  
井上亮太、伊達 隆

セルロースは、木材、草、農業残渣などの非可食バイオマス源から入手でき、最も豊富かつ、安価で再生可能な、環境に優しいバイオベースのポリマーである。国内外の豊富にある森林から容易に調達でき、2050 年カーボンニュートラル社会の実現に向けたキーとなる素材である。このセルロースは、樹脂に含有するとその強度を向上させるという効果を持ち、ガラス繊維、炭素繊維や無機填料に代わる樹脂の強化材として注目されている。我々は、新たにこのセルロースナノファイバー (CNF) を、3D プリンター用樹脂の強度向上に適用した。3D 造形の方式として粉末床熔融結合式 (PBF 式) を選択し、当社実証設備にて製造した CNF 複合樹脂を PBF 式 3D プリンターによって造形することで、軽量で高強度の造形物が出来ることを確認し、CNF が 3D プリンターに適用できる可能性を見出した。

検討では、変性パルプとナイロン 6 (PA6) を混練して得られたペレットを凍結粉碎することにより、CNF 配合量が 5.0 wt% の CNF 強化 PA6 複合樹脂 (CNF5% /PA6) 粉末を調製した。得られた CNF5% /PA6 粉末を PBF 式 3D プリンターで試験片に造形し、機械的特性を評価した。その結果、CNF5% /PA6 試験片の引張特性、曲げ特性は、20% ガラスビーズ強化 PA6 複合樹脂 (GB20% /PA6) と同等以上であった。また、GB20% /PA6 よりも約 10% 軽量であった。このように、GB と比較して CNF が低添加量にもかかわらず大きな強度向上効果を示した理由について、光学顕微鏡、TEM 観察による造形物の内部構造の違いや CNF と樹脂の相互作用から、そのメカニズムを類推した。

以上、我々は CNF5% /PA6 を PBF 式 3D プリンター用材料として大いに期待しており、本材料の実用化に向けた検討を更に進めていく。

(本文 49 ページ)

## 新入社員歓迎号/設備診断/保全・計測/分析・仕上/防虫特集

- 1 新入社員の皆さんへ  
カーボンニュートラルに貢献する研究者・技術者へ！……福島一守
- 2 『Mpression Smart Motor Sensor』 低圧三相かご型誘導モーターに特化した予知  
保全ソリューションについて  
—AI アルゴリズムによる全自動診断 低圧三相モーターに特化した予知保全—……榎原史朗
- 5 3D スキャナを用いたボイラ内水管減肉非破壊検査技術の現状と展望……東 修
- 9 画期的なロール平行度測定技術パラライン 従来よりも高い精度で測定可能  
—レーザーリングジャイロを使用したロール平行度測定技術を紹介—  
……並木侑太, 藤本啓介
- 14 大改修時代は染め Q が担う～再生・延命ソリューション～……渡邊洋平
- 17 抄紙機における CD 品質の最適化によるコスト削減  
—第5世代自動紙試験機の活用—……依田裕道
- 24 音響と応力によるソフトネス測定の最新情報……谷川和美
- 28 飛翔性昆虫類における太陽光 LED, 高演色 LED, および白色 LED の防虫性能の  
評価……木村悟朗, 草間俊宏, 渡邊裕行
- 31 防虫防そに関連する各種データの活用と効果的な対策のポイント……石崎健郎
- 37 2023年度カーボンニュートラル行動計画フォローアップ調査結果(2022年度実績)  
と温暖化対策関連情報……先名康治

シリーズ: 大学・  
官公庁研究機関の  
研究室紹介(156)

- 56 新潟大学 農学部 農学科 植物資源化学研究室

研究報文

- 60 木材パルプ複合紙の開発と土壌分解性の評価  
……タンカンパイ コッチャポーン, ミル イハラ パオラ マリア, 江前敏晴

工場紹介(105)

- 77 丸住製紙株式会社 大江工場

- 03 会告
- 55 知財散歩道 (149)  
キャラクターの知的財産権について……田代 希
- 59 Coffee break  
五月一日経～正倉院に残る最大巻数の写経～……辻本直彦
- 83 内外業界ニュース
- 88 特許公報
- 97 全国パルプ材価格
- 98 統計
- 100 協会だより

## 『Mpression Smart Motor Sensor』 低圧三相かご型誘導 モーターに特化した予知保全ソリューションについて —AI アルゴリズムによる全自動診断 低圧三相モーターに特化した予知保全—

株式会社マクニカ アルティマカンパニー プロダクトマーケティング部  
榎原史朗

予知保全とは、設備や装置の故障・異常を予知し、効率的な保全を行う考え方である。予知保全の導入により、異常を事前に検知し、メンテナンス対策を取ることが可能で、突発的なトラブルを防ぐことができる。

従来の予防保全では定期的なメンテナンスが行われるが、必要以上にメンテナンスを行ってしまう問題や突発的な異常を捉えられない問題がある。

そこで、新たな手法として「状態基準保全 (CbM)」が注目されており、センサーや解析の進化により、設備や装置の状態を把握し、故障・異常を予知することが可能である。

「Smart Motor Sensor (SMS)」は、三相誘導かご型モーターの故障を予知するためのソリューションである。振動や温度などのデータを収集し、クラウドで解析することで、モーターの状態を判断する。

SMS はセンサーを装置に取り付ける際の容易さやセットアップの簡便さ、学習モデルによる自動判定など、従来の CbM の障壁を解消し、モーターの異常や劣化を正確に判断することができる。また、SMS はモーターの機能ごとに異常を判定し、状態推移や劣化の傾向を把握する能力を持っており、ダッシュボードやスマートフォンアプリを通じてユーザーに結果を提供する。API を使用して他のシステムと連携することも可能で、複数の設備の判定結果を 1 つの画面で確認する効率的な管理が実現できる。SMS は、従来の予防保全に代わる新たな予知保全の手法として注目されている。

(本文 2 ページ)

## 3D スキャナを用いたボイラ内水管減肉非破壊検査技術の 現状と展望

アンリツ株式会社 環境計測カンパニー 営業本部  
東 修

アンリツは、国内紙パルプ企業保有の循環流動層ボイラを対象に 2022 年冬より技術検証を行い、のべ 10 回の計測を実施した。ボイラ特殊環境での測定時におけるノウハウを獲得し、一年で倍以上の測定速度向上を果たした。結果分析にかかる時間も数日から 1、2 日程度に短縮している。当技術は NDT 用途に特化したソフトウェア UI 開発が肝要となるため、ソフトウェア開発先と連携を深めている。現在超音波検査を正とする電気事業法の検査要領も、将来 3D データと超音波検査のデータの相関性が蓄積されれば、有効なスクリーニング方法として認知され、ボイラ減肉検査の時短と安全操業に寄与すること大と考える。加えて、3D スキャナはボイラ側面水管だけではなく、耐火材、パイプ、タンク、回転体のブレードなどおおよそ表面が摩耗するものに関しては形状評価できるものであるため、プラント向け NDT 技術として広範囲に技術の認知をはかっていきたい。

(本文 5 ページ)

## 画期的なロール平行度測定技術パラライン 従来よりも高い精度で測定可能 —レーザーリングジャイロを使用したロール平行度測定技術を紹介—

有限会社ティティエス 診断事業部  
並木侑太、藤本啓介

多種多様な紙を製造している設備があるが、共通してロール設備を使用している。坪量を下げたものを生産したい、ラインスピードを上げたいが問題が起きるので控えている。

こういった問題で、念頭に上がる要因の一つとしてロール平行度がある。限られた設備の停止期間で、正確な平行度を測定し問題解決の糸口にしたいが、短期間では測定ができない。また、設備間の構造物やフロアの違いで正確な平行度測定ができていないのか不安要素が多くあり、測定をしても結果に対し疑念が上がり修正計画を立てられない。

このような問題を解決できるのが、宇宙・航空工学で利用されているリングレーザージャイロを用いたロール平行度測定器パララインである。

従来、ロール平行度を測定する際に精度面で問題となるのは、ロール間の距離、ロールの大きさの違い、比較するロールのフロアや部屋の違いなどであった。この度紹介するロール平行度測定器では前途の内容は影響せず、一つの基準で全てのロールを1対1で比較、高精度での測定が可能である。

(本文9ページ)

## 大改修時代は染め Q が担う～再生・延命ソリューション～

株式会社染め Q テクノロジー  
渡邊洋平

当染め Q テクノロジーは世の中の「困った」を解決する技術開発研究所。独自の技術である「ナノ接着技術」と「新素材による補強技術」を使用することで、劣化したコンクリートや鉄部などの補強・長寿命化が可能。劣化した物を交換せずに新素材を塗布し補強をすることで、無駄な産業廃棄物が発生しない、かつ、大幅なコスト削減を実現させることができる。さらに、低温化や湿潤面への塗布、ケレンを必要としない防錆塗料など、工場内外部および構造物の種類を問わず幅広く活用されている。すでに多くの実績があり、民間だけでなく公共事業にも拡大している。

(本文14ページ)

## 抄紙機における CD 品質の最適化によるコスト削減

—第5世代自動紙試験機の活用—

ABB 株式会社 プロセスインダストリー事業部  
依田裕道

2050年までのカーボンニュートラルな日本にするために、産業界全体への生産プロセスの改善・転換のプレッシャーが年々強くなっています。また日本、そして素材産業ならではの問題として、人口の減少、魅力的なIT産業への人材流出により、素材産業は優秀な労働力を確保することが難しい状況にあります。一方で、「紙」は人に、そして環境に優しい最良の材料であり、近年の脱プラスチックの流れと新素材への期待から、今後多くの可能性を秘めた材料でもあります。

本稿では、抄紙機の CD 品質の最適化を自動紙試験機で実施した事例について、ABB の最新機である第五世代自動紙試験機 Autoline-S/L の特長を踏まえながら説明する。

抄紙機において CD 品質の安定化は永遠のテーマである。一般的かつ有効な手法として QCS がある。QCS では坪量、水分、灰分などの計測が可能だが、オンラインであることから直接紙に触れて計測する、強度特性は計測が出来ない。またロールに対してジグザグな計測であり、純粋な CD 品質のばらつきを捉えることは出来ない。当然ではあるが、手動測定による紙試験では、機器や作業員数の点から、多点計測を実施することは出来ない。

ABB の第五世代自動紙試験機は、CD の複数の特性（透気度、平滑度、厚み、水分、破裂、引張、引裂、坪量など）を同時に計測することで、短時間で高精度な計測が可能である。製造直後のロールから試験片を採取し、最短10分で CD 品質プロファイルを得ることが出来る。CD 品質プロファイルから、プロセスの何を調整すべきか、見当をつけることが出来、ロールが製造されるたびに、適切な調整が可能となる。

過去の導入事例では、上記により生産性は1.5%向上、クレーム品は20%削減、薬品の過剰投入は5%抑制することが可能になった。また測定は完全に自動化、かつ高速であるため、計測者の人員削減という効果もあり、

プロセスを改善しながら、固定費を下げることで、スムーズな投資回収を実現が可能になる

(本文 17 ページ)

## 音響と応力によるソフトネス測定の最新情報

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

ティッシュ等の紙製品の手触り感、柔らかさは顧客が直接評価でき、その製品が選ばれる上で重要な因子であるが、手触り感評価は多くの場合、人が実際に触ったときの感触で評価し数値化している。しかし人による評価は主観的で個人や性別、国柄、天気や気分によっても影響を与えるものであり、客観的に評価できる装置が望まれている。独国 emtec 社製のソフトネス測定装置 TSA は、手触り感を評価する装置である。音響と応力を測定することで、“本当の柔らかさ”、“滑らかさ/粗さ”、“剛性/柔軟性”の3つのパラメータを得ることができ、さらにこの数値から実際の手触り感と相関を持たせたアルゴリズムにより得られるハンドフィール値 (HF 値) を得ることができ季節や天気に左右されずに人の手の評価をシミュレーションすることができる。さらに不織布等をターゲットとした新しい測定法が開発された。従来の方式では細孔の大きなサンプルでは音響測定之感度が悪い問題があったが、プラスチックフィルムをサンプルの下に敷くことでサンプル間の細孔度の差の影響をなくし十分な感度で音響測定を行うことが可能となった。TSA を用いることで天気やパネリストの気分の差に左右されず客観的に手軽に評価でき、工程間にも取り入れることが可能なため品質改善、工程管理、開発にも役立つことが期待される。

(本文 24 ページ)

## 飛翔性昆虫類における太陽光 LED、高演色 LED、および白色 LED の防虫性能の評価

イカリ消毒株式会社 技術研究所  
木村悟朗  
イカリ消毒株式会社 商品開発部  
草間俊宏  
イカリ消毒株式会社 事業開発部  
渡邊裕行

白色 LED の発光方式として、青色 LED + 黄色発光蛍光体は発光効率と製造コストの点で優れているため現在最も普及している。一方、この発光方式では青色と黄色に偏った分光分布となり、演色性が低いという課題がある。近年、高演色性を特徴とする高演色 LED と太陽光に近い分光特性を持つ太陽光 LED が製品化されている。各 LED 照明は大半が可視光内にあり、近紫外線をほとんど含まないため、昆虫の誘引を抑制できると考えられている。しかしながら、高演色 LED と太陽光 LED の防虫効果については十分に検討されていない。本研究は、白色 LED、高演色 LED、太陽光タイプ LED、および試作防虫 LED の誘虫性能を評価するために室内試験を行った。試験にはイエバエとクサビノミバエを用いた。高演色 LED は、白色 LED に比べてイエバエの捕獲数が有意に多かった。白色 LED に比べ、太陽光 LED で捕獲されたイエバエとクサビノミバエの数が有意に多かった。イエバエの捕獲数は、高演色 LED よりも太陽光 LED の方が有意に多かった。白色 LED で捕獲されたイエバエは、試作防虫 LED で捕獲されたイエバエよりも有意に多かった。この結果から、高演色 LED と太陽光 LED は、白色 LED よりも高い誘虫力を持つことがわかった。一方、試作防虫 LED は白色 LED よりも誘引力が低い。これらの結果から、昆虫の誘引性は紫外線だけでなく可視光にも影響されることが示唆された。

(本文 28 ページ)

## 防虫防そに関連する各種データの活用と効果的な対策のポイント

アース環境サービス株式会社 開発本部学術部  
石崎健郎

紙パルプ業界の防虫防そ管理を適切に進めていくには、各種モニタリングデータの活用と対策立案に関して十分に効果や効率を検討する必要がある。

まず、モニタリングデータの活用においては捕虫器等による調査結果だけでなく、他のデータを紐づけていくことが重要であり、特に「欠点検知データ」は、実際に製造ラインや製品に混入しているという点から優先順位の高い情報であり、活用方法を明確化しておく必要がある。また、風向風速等の原因系に関するデータは予防的管理のために有効である。一方、各種データの活用にあたっては「守るべきエリアの明確化」などリスクベースの観点が必要となり、その評価においては相関分析などの手法を活用すると効果的な場合がある。

次に対策面については、工場で捕獲されている昆虫の特性に基づいて検討していくことが大前提となる。そのうえで、特に外部侵入性の飛翔昆虫については、外周部から製造工場への接近防止、外周部から製造工場への侵入防止、工場内での昆虫拡散及び重要ラインへの接近防止、工場内での内部発生防止、という昆虫移動経路の段階に沿って対策を組み立てていくと考えやすい。そして各段階の対策には捕獲や殺虫、間仕切りや送風、5Sの徹底などがあるが、それぞれにメリットだけでなくデメリットやリスクなども十分に考慮したうえで選定していくことが重要である。

(本文 31 ページ)

## 2023 年度カーボンニュートラル行動計画フォローアップ調査結果 (2022 年度実績) と温暖化対策関連情報

日本製紙連合会  
先名康治

日本製紙連合会は日本経団連加盟の他の業界団体と共に、1997 年より環境自主行動計画を策定し、毎年その取り組み状況を公表して来た。2013 年度からは 2030 年度に向けて新たな環境行動計画として「低炭素社会実行計画」(2021 年度に名称変更で「カーボンニュートラル行動計画」となった)を策定し、地球温暖化防止に積極的に取り組んでいる。その活動目標は以下の通りである。

① 国内の生産設備から発生する 2030 年度のエネルギー起源 CO<sub>2</sub> 排出量\*を 2013 年度比 38%削減する。

\*エネルギー起源 CO<sub>2</sub> = 化石燃料起源 CO<sub>2</sub> + 購入エネルギー起源 CO<sub>2</sub> - 販売エネルギー起源 CO<sub>2</sub>

② 2030 年度までに 1990 年度比で 37.5 万 ha 増の国内外の植林地面積を 65 万 ha とする。

2023 年度のフォローアップ調査結果(2022 年度実績)によると、2022 年度の実績 CO<sub>2</sub> 排出量は、1,434 万 t あり、前年度に対し 150 万 t (9.5%) の減少となった。また、2022 年度の CO<sub>2</sub> 排出原単位の実績値は 0.674 t-CO<sub>2</sub>/t となり、前年度の 0.720 t-CO<sub>2</sub>/t より大幅に改善している。これは、これまでの燃料転換、省エネルギー対策、効率的生産を目指した設備の統廃合などの推進による成果である。

本報告ではこの調査結果を報告するとともに、紙パルプ産業におけるエネルギー事情や温暖化防止対策に関する経済産業省および環境省の最近の動向を紹介する。

(本文 37 ページ)

研究報文

## 木材パルプ複合紙の開発と土壌分解性の評価

筑波大学 生命地球科学研究群  
タンカンパイ コッチャポーン, ミル イハラ パオラ マリア  
筑波大学 生命環境系  
江前敏晴

プラスチック廃棄物は、処理施設の不足もあって、不用意に環境に排出され、環境に対する地球規模での主要なリスクの一つとなっている。さらに、プラスチックの製造過程では、CO<sub>2</sub>が発生し続け、温室効果ガスとして地球温暖化の原因となっている。国連で採択されたSDGsのうち、特に「13：気候変動に具体的な対策を」は、特に重要で、地球の天然資源を保護し、気候変動に対処し、持続可能な開発の促進を目指す。本研究ではこの目標達成を視野に入れて、生分解性ポリマーを活用した紙系コンポジット材料の開発を行った。セルロース、キトサン、及びその他の天然ポリマーやポリカプロラクトン（PCL）は生物によって分解されるため、PCL-セルロース複合体は、配合比や製造方法を適切に設定することにより、多様な機械的物性を付与して用途開発の自由度が広がるうえに、コンポジットそのものが生分解性材料となる。本研究では、従来の製紙技術を応用してPCL-セルロース複合体を製造する技術を開発した。その複合体の土壌中で分解速度のほか、機械的、化学的、熱的、及び構造的特性を調べたので報告する。

(本文 60 ページ)

## バイオリファイナリー・プラスチック代替特集

- 1 紙素材の活用には有用な松由来のバイオマス樹脂……………奥村明日華
- 8 脱炭素化に向けた木質資源から化学製品を製造するバルメットの「バイオリファイナリー」技術……………毛受正治, 都 友徳
- 14 焼酎廃液等の有機廃液の有効利用処理について  
—宮崎モデルの紹介—……………伊須 豊
- 19 クラフトリグニンを活用したバイオアスファルト混合物の開発……………杓野拓斗
- 23 セロファンのリサイクル技術の開発……………石川竣平, 築田憲明
- 26 フィルムに替わる紙製包装素材……………竹本圭佑

### 総説・資料

- 33 バルメットの新設回収ボイラおよび回収ボイラ新設後の既設ボイラの有効活用について……………平川和也
- 38 製紙業界におけるエネルギープラントへのタクマの取り組み……………藤原祐治
- 41 超音波技術を用いた黒液濃縮装置のスケーリング対策……………館松正人
- 46 エネルギー価格急騰に立ち向かう！  
工場エネルギーマネジメントシステムの価値を最大化する組織的アプローチ……………堀内康行
- 51 過熱水蒸気乾燥の紙パルプ産業への応用……………中須賀 朗
- 55 大学・官公庁研究機関の研究題目に関する調査結果……………紙パルプ技術協会 木材科学委員会

### 研究報文

- 65 食用途に向けた竹由来セルロースナノファイバーの健康成人への安全性評価：非盲検長期摂取試験……………下川知子, 林 徳子, 高尾哲也

### 工場紹介(106)

- 86 特種東海製紙株式会社 三島工場

- 03 会告
- 64 Coffee break  
正解のない発信, そして果てしない問いかけ……………池田晴彦
- 92 パピルス  
ビリヤニ……………服部 景
- 97 内外業界ニュース
- 101 特許公報
- 108 全国パルプ材価格
- 109 統計
- 111 協会だより

## 紙素材の活用には有用な松由来のバイオマス樹脂

ハリマ化成株式会社 研究開発カンパニー 研究開発センター 製紙用薬品開発室  
奥村明日華

木材から紙の原料となるパルプを生産する際に得られる、リグニンや樹脂酸といった天然樹脂は、枯渇するおそれがある石油や石炭のような化石資源とは異なり、植林により数十年のサイクルで再生可能（リニューアブル）な資源である。欧州や北米では、松を植林し、松材由来のパルプを生産すると共に、天然樹脂として脂肪酸やロジンを工業的に生産するプロセスが完成しており、自然とテクノロジーの調和を大切にしながら、「松（パイン）」から得られる化学物質を最大限に活用している。

ハリマ化成グループは、松材からパルプを製造するときに副生する粗トル油を原料として活用し、トルロジンやトル油脂肪酸等を生産、製紙用薬品等の製品を製造している。本稿では、私たちが取り組む「パインケミカル」と共に、松から得られる化学製品として、紙素材の活用には有用な水系樹脂“製紙用サイズ剤”と“紙素材用バリアコート剤”を紹介する。

製紙用サイズ剤は、ロジン系樹脂をアルカリでケン化して水溶化させた液体サイズ剤「ハーサイズ L-50」、ロジン系樹脂を乳化分散させたエマルジョンサイズ剤の「ハーサイズ NES」シリーズと「NeuRoz」シリーズがある。「ハーサイズ L-50」および「NeuRoz」シリーズは、「間接食品添加物」として、米国・FDA、ドイツ・BfR、中国・GB9685等の海外食品包装材料規制に対応できる製品である。また、紙素材用バリアコート剤は、ハリマ化成グループのLawter社がバイオマス率 80% 以上のロジン系水性コーティング剤「XW」シリーズを開発している。この「XW」シリーズは、溶液型とエマルジョン型の製品があり、紙素材に対して、耐水性、耐油性、水蒸気バリア性等の機能を付与すると共に、紙製食品包装材料のバイオマス率上昇が可能である。もちろん、欧州や米国の海外食品包装材料規制にも対応している。

ハリマ化成グループは、中国や北南米、欧州といった海外拠点と技術協力して、安心して使用できる紙・セルロース素材の更なる活用を目指し、環境負荷の低減に寄与できる安全な製品の開発に取り組んでいる。

(本文 1 ページ)

## 脱炭素化に向けた木質資源から化学製品を製造するバルメットの「バイオリファイナリー」技術

バルメット株式会社 営業部  
毛受正治

バルメット株式会社 フローコントロールビジネスライン  
都 友徳

脱炭素化に向けて様々な取り組みが進められている。二酸化炭素を吸収することができる木質資源を有効利用することは重要な取り組みのひとつであると言え、その木質資源からバイオエタノールおよびブラックペレットを製造する技術として蒸気爆砕技術の概要について紹介する。バルメットの蒸気爆砕技術は連続方式であることが最大の特長で大量生産に適している。連続方式の蒸気爆砕ユニットは 5 つの主要な装置から構成され、その中で最も重要な装置がプラグスクリーフィーダーである。プラグスクリーフィーダーは原材料を圧縮しながら連続的に圧力容器へ送る装置で、圧縮された原材料がプラグの役目を果たし、20 気圧強の内圧になる圧力容器からの蒸気漏れを防ぎつつ、安定的な連続生産を可能にしている。

本報の後半では、バイオリファイナリー工場だけでなく、石油、化学、精油、ガス精製、再エネなどの様々な工場で使用されている制御用バルブ類について、そのラインナップの一部を紹介する。ネレス社との合併により、高品質かつ長寿命で操作性に優れたネレス社の製品群がバルメットのラインナップに加わった。この結果、設備、プロセス、制御用バルブ類を効果的に組み合わせた総合的なソリューションを提供できる体制となった。

(本文 8 ページ)

## 焼酎廃液等の有機廃液の有効利用処理について —宮崎モデルの紹介—

王子製紙株式会社 日南工場 安全環境管理室  
伊須 豊

日南工場では、地域貢献の一環として焼酎廃液を中心とした有機廃液（以下焼酎廃液）の産業廃棄物としての受入れ処理を2006年9月から行っている。当工場での処理は、既存の活性汚泥処理設備を利用した高効率汚泥回収、発生した汚泥の循環流動層ボイラー焼却による高効率な熱利用、更に焼却灰の有効利用処理を行っており、本処理行程は、「宮崎モデル」として焼酎廃液処理における先進性から「新エネルギー利用等の促進に関する特別措置法（経済産業省）」の認定を2021年に得ている。

当初は日南市内の焼酎メーカー限定で受入れ、年間数量は数百t程度であったが、2017年からは市外からの受入れを開始し、更に2021年には県外産廃受入れ許可も取得したため宮崎県外からの受入れも開始し2022年度の受入処理量は、11,000tを超えるに至っている。

本「宮崎モデル」は、LCA（リスクアセスメント）評価でも高いエネルギー回収が実現されており、持続可能かつ環境にやさしい処理方法であることが確認できた。日南工場は、環境への負荷を最小限に抑えながら焼酎廃液処理を行い、「宮崎モデル」を通してCO<sub>2</sub>排出量の削減と持続可能な社会の実現のために貢献していく。

（本文14ページ）

## クラフトリグニンを活用したバイオアスファルト混合物の開発

日本製紙株式会社 研究開発本部 基盤技術研究所  
杓野拓斗

わが国では、2020年10月に地球温暖化の原因となる温室効果ガスの排出量を2050年までにゼロにする「カーボンニュートラル」、「脱炭素社会」の実現を目指す宣言がされた。これを受け各省庁からは、カーボンニュートラル・脱炭素社会実現のための様々な政策が打ち出されている。

この背景のもと、舗装分野で脱炭素社会を実現させる一つの技術として、舗装用石油アスファルトを植物由来の樹脂であるリグニンで一部置換するバイオアスファルト混合物（以下、バイオアスコン）の開発をNEDO戦略的省エネルギー技術革新プログラム（助成事業）内で大成ロテック株式会社と共同で取り組んでいる。今回、室内にて製造したバイオアスコンの性状とバイオアスコンを用いて工場内舗装で実施した試験施工結果について検討した。

その結果、室内試験においては、アスファルトをクラフトリグニンに5、10%置換したバイオアスコンで混合物性状の向上が見られた。実際に日本製紙石巻工場で行った試験施工においても施工性は良好であり、2年後の経過観察でも特に異常は見られていない。

昨今の脱原油、カーボンニュートラルへの要求の高まりにより、今後石油需要が減退する方向にある。また、近年の国際情勢の不安定による原油の高騰など、石油アスファルトの安定供給が困難な状態が継続している。石油アスファルトが不足することによる補充分をクラフトリグニンで代替することで、安定供給が可能になり、アスファルト舗装の需要に持続的に対応できると考える。今後は、クラフトリグニンの置換率をより高めて、舗装材料としてのカーボンニュートラル化を目指す予定である。

（本文19ページ）

## セロファンのリサイクル技術の開発

レンゴー株式会社 中央研究所  
石川竣平、築田憲明

セロファンは木材パルプを原料とする透明フィルムで、生分解性を有するという点では環境に配慮した素材であると言えるが、一方でプラスチックフィルムのようにリサイクルシステムがないことが弱点である。そこで、

セロファンの有効活用を検討した結果、製造工程で発生する端材を原料の一部として再利用できることを見出した。

セロファンはポリエチレン等のシール材とラミネートして包装材料として使用されるのが一般的で、市場からの回収品を再原料化するにはセロファンとシール材との分離が必要であり、コストの面から現実的ではない。一方でセロファンの製造工程では、裁断時に端材が発生するがその大部分は廃棄されているため、この端材の再原料化を検討した。

まずセロファンの製造工程は、木材パルプを原料にアルカリ化と硫化の2段階の反応を経て溶液状のビスコースを製造し、このビスコースをセルロースに再生して広幅のロールを製膜する。このロールをスリットして製品化する工程でセロファン端材が発生する。今回の研究ではこの端材からビスコースを製造することを試みたが、化学構造が同じであるにもかかわらず木材パルプと同様のビスコースが得られなかった。そこで、アルカリ化と硫化の反応を同時に行い、得られたセロファン溶液を木材パルプの溶解に利用することで、従来と同等のリサイクルビスコースを調製した。このリサイクルビスコースから作製したセロファンは通常品と比較して遜色ないのであり、セロファンのリサイクルシステムの可能性を示した。

(本文 23 ページ)

## フィルムに替わる紙製包装素材

王子エフテックス株式会社 営業本部 製品開発部  
竹本圭佑

プラスチック製品の海洋流出による環境汚染対策には世界中が関心を寄せており、日本においても政府がワンウェイプラスチックの排出抑制目標を掲げるなど、プラスチック製品の3R+Renewableは重要な課題である。このような社会情勢の中、プラスチック代替素材として、カーボンニュートラルな木質バイオマスを原料とする紙・セルロース素材に注目が集まっている。今回の講演では、プラスチック代替用として特殊性能を付与した紙包装素材について紹介する。

プラスチック製品の性能として「耐水性（撥水性）・耐油性・透明性・ヒートシール性・ガスバリア性」が優れており、紙素材への置き換えの課題として、これらの性能を付与することが重要である。弊社では、様々なパルプ素材をベースに抄紙・塗工技術を組み合わせることで上記の性能を持った紙を生産している。開発品である「SILBIO シリーズ」では、多くの包材に求められるガスバリア性、ヒートシール性をベースとして、透明性、隠蔽性等の特性も選定でき、多様なニーズに応えることができる。

「SILBIO EZ SEAL」は、二次包装向けに開発したヒートシール紙であり、水系塗工技術を用いて紙にヒートシール性を持たせた。「SILBIO BARRIER」は、パルプ間の隙間を埋めるバリアコート層をコーティングすることでガスバリア性を持たせた。「SILBIO CLEAR」は、高透明紙にヒートシール OPP を組み合わせることで、透明性、ガスバリア性、ヒートシール性を両立させた。「SILBIO ALBA」は、バリアコート層にアルミ蒸着技術を組み合わせることで高いガスバリア性を達成した。

社会のニーズに合わせた紙製素材を提供することで、カーボンニュートラル社会への貢献を目指す所存である。

(本文 26 ページ)

## バルメットの new 回収ボイラおよび回収ボイラ new 後の 既設ボイラの有効活用について

バルメット株式会社 パルプ&エネルギー技術部  
平川和也

2023年2月10日、「GX 実現に向けた基本方針」が閣議決定された。GX=Green Transformation Investment は、脱炭素化の取り組みをさらに加速させ、発電、産業、交通、家庭部門等における脱炭素化につながる投資を国が支援し、脱炭素社会への早期移行に向けた準備を進めている。紙パ産業についても回収ボイラの更新等が GX の投資先として挙げられている。このため、今後は回収ボイラの更新が検討されることが予想される。

最大限の効率、安定した連続操業性、安全な作業環境、低い環境負荷を実現したバルメットの回収ボイラをご

紹介する。また、既設ボイラは新設ボイラへの更新後に遊休として残されることが多く、ほとんど有効活用されていない。今回はこの遊休ボイラに焦点を当て海外で多くの実績があり、新設ボイラ建設コストに比べて有利であり、最新ボイラとほぼ同等の性能を有する、既設回収ボイラをバブリング流動床（BFB）への改造についても紹介する。

(本文 33 ページ)

## 製紙業界におけるエネルギープラントへのタクマの取り組み

株式会社タクマ エネルギー技術 1 部  
藤原祐治

製紙業界向けの株式会社タクマの取り組みについて紹介する。

2010 年頃、それまで運用されていた重油焚ボイラの更新や CO<sub>2</sub> 量削減のため化石燃料からの燃料転換を目的として、当時燃料コストが安価であった RPF (Refused derived Paper and Plastics densified Fuel) 焚のボイラを相次いで納入した。

このボイラでは、高塩素 RPF に配慮した設計が必要となり、燃焼室内の全面耐火物施工や過熱管や層内伝熱管への工夫・改善を実施した。

2012 年より固定価格買取制度 (FIT : Feed-in Tariff) が開始された。製紙・パルプ業界においても、原料として使用しているチップの調達・収集のネットワークの強みを活かした木質バイオマス燃料とした FIT 対応の発電プラントの建設計画が相次いだ。

当社では、それまで都市ごみ焼却炉や下水汚泥焼却炉として使用していた階段ストーカをアレンジして、バイオマス発電ボイラに適用することとした。

未利用材などの木質バイオマス燃料の高水分への対応や、灰分の少ない燃料への対応などの改善を施し、製紙業界向けにおいて階段式ストーカのバイオマス発電プラント 5 件を納入した。

(本文 38 ページ)

## 超音波技術を用いた黒液濃縮装置のスケーリング対策

三菱製紙株式会社 北上工場  
館松正人

パルプ製造過程において副生する黒液は回収ボイラの燃料に利用するため、固形分濃度を約 75 wt%まで濃縮する必要がある。北上工場では 8 缶 6 重効用の黒液濃縮装置を有しており、その第 2 効用缶での炭酸カルシウムによるスケーリング発生が顕著であった。対策として、スケール抑制剤の注入などを実施したものの根本的解決には至っていなかった。本報告では新たな解決策として、強力超音波を用いたスケール付着防除の効果について報告する。超音波が引き起こす黒液中の核化誘導により、効用缶の伝熱面表面における新規核形成を抑えスケールリングを防除するものである。本実証には、高効率強力超音波を印加できる日鉄エンジニアリングの超音波装置を使用した。第 2 効用缶の黒液供給ラインに超音波発振装置を設置し、2020 年 12 月～2022 年 3 月において実証を行った。超音波の印加有無による有効温度差の推移についての操業データを比較したところ、超音波を継続的に印加することによって明確に改善が見られ、開放点検に置いてもスケールの発生が減少していた。超音波によるスケール付着防除の一定の効果を確認できた。

(本文 41 ページ)

## エネルギー価格急騰に立ち向かう！ 工場エネルギーマネジメントシステムの価値を最大化する 組織的アプローチ

横河ソリューションサービス株式会社 インダストリー統括本部 インダストリーソリューションセンター 3部 1Gr  
堀内康行

近年、エネルギー価格が高騰しており、工場における省エネルギーの重要性が、ますます高まっている。DXの推進やAI/MLの技術進歩により、世の中の流れは、人手を削減する方向にむかっているが、省エネルギーの活動は現場の知恵や経験が不可欠で、必要なところには人手をかけなくてはならない。工場エネルギーマネジメントシステムの導入の本質的な目的は、単にデータを蓄積し「可視化」することではなく、現場の知見を取り入れ、データの洞察を通して、可視化の先の「原因究明」と「施策立案」につなげることにある。

本稿では、工場のエネルギー効率を向上するため、組織運営により、製造現場を主体とした改善活動を進めると共に、可視化されたデータから、洞察を通して導いた改善事例を紹介する。また、洞察を容易にする工夫を施したYOKOGAWAの工場エネルギーマネジメントシステムの特長も合わせて紹介する。

(本文 46 ページ)

## 過熱水蒸気乾燥の紙パルプ産業への応用

タンジュンエニムレスタリ紙パルプ社  
中須賀 朗

紙パ産業でも良く用いられるボイラーでは、加圧下で沸騰した水をスーパーヒータに導き、外部から加熱して過熱水蒸気を得ている。だが、常圧下でも水蒸気を導管で導き、例えばその外部をバーナで炙れば過熱水蒸気は作れる。常圧の過熱水蒸気も加圧下と同じく『乾いて』いる。その中に少量の水を含んだ布を入れると、水は過熱水蒸気から熱を奪って水蒸気となり、他方の過熱水蒸気は温度がやや下るものの過熱水蒸気であることを保つ。つまり過熱水蒸気を用いて布を乾燥させることができる。

筆者はティシュマシンの操業に携わる中で、ティシュの乾燥工程が過熱水蒸気乾燥の応用であることに気付き、モデル化した工程でティシュ乾燥の最適化について研究した。その結果、それまで常識であった『意図的な外気導入』を止める事により熱効率が改善するとの結論に達し、これを複数の実機テストで確認した。また、乾燥速度の低下も見られなかった。

この結論はティシュ乾燥以外での過熱水蒸気乾燥工程について一般的に成り立つと考えられる。パルプ乾燥用のフラクトドライヤやフラッシュドライヤでも外気を取り込んでいる例が良く見られるが、これら意図的な外気取り込みは廃止すべきである。各装置の内圧を測定し、やや負圧に制御することで空気の流入が最小化され熱効率は改善すると考えられる。

また、外気取り込みを止めることによりハンドリングすべきエア量が減るので、ダクトやファン類のダウンサイズなど電力面・投資面でのメリットも見込める。

(本文 51 ページ)

## 研究報文

## 食用途に向けた竹由来セルロースナノファイバーの健康成人への 安全性評価：非盲検長期摂取試験

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, 林 徳子  
昭和女子大学 大学院生活機構研究科  
高尾哲也

本研究は、セルロースナノファイバー（CNF）を食品に添加する提案の一環として実施した。CNFs はナノ物質であることから、食品に添加するためには包括的な安全性評価が不可欠である。そこで、竹（モウソウチク）からパルプを調製し、これを原料として酵素処理後にビーズミル処理でタケ CNFs スラリーを製造した。得られたタケ CNFs を使用した試験食品を用い、ヒトに対する非盲検の長期摂取安全性試験を実施した。試験協力者は疾病による治療を行っていない日本人成人男女 22 名であり、CNFs を 1 日当たり乾燥重量で 1 g の摂取となるように 12 週間摂取した。試験食品は 45 g のパウチ袋で製造し、この食品サンプル中の CNFs 濃度は 0.556% であった。パウチ袋 1 袋当たり乾燥重量で 0.25 g 相当の CNFs を含むため、試験協力者は朝に 2 袋、夜に 2 袋のサンプル食品を摂取した。試験の脱落者はなく、身体測定、理学検査、血液検査及び尿検査の値に有意な変動のある項目が認められたものの生理的または軽微な変動であった。また、排便の回数および量の増加傾向が生じたが、問題のある変化とは認められなかった。そのため、医学的に問題のある変化が生じたとは言えず、本試験の条件下では安全性に問題はないとする医学的判定を得た。

(本文 65 ページ)

### 省エネルギー特集 I

- 1 第28回省エネルギーセミナー開催報告……………紙パルプ技術協会 エネルギー委員会
- 4 グリーンアンモニアバリューチェーン……………毛受義博
- 11 いわき5号リサイクルボイラーにおける操業経験……………大平達彦
- 16 ポンプによる省エネ  
—省エネルギーと二酸化炭素削減を実現—……………藤本陽太
- 21 工場水源地原水ポンプインバータ化による省電力……………池田宜将, 村田光弘

#### 総説・資料

- 27 省エネルギー型スクリー式蒸気駆動エアコンプレッサシステム  
—三浦工業社製蒸気駆動エアコンプレッサ—……………榊田 賢
- 31 バイオマスボイラの操業経験……………四方修平
- 35 インド紙パルプ技術協会 (Indian Pulp and Paper Technical Association) との  
技術交流会開催報告……………福井照信

#### シリーズ：大学・ 官公庁研究機関の 研究室紹介(157)

- 42 長岡技術科学大学 技学研究院 物質生物系 微生物代謝工学研究室

- 03 会告
- 41 Coffee break  
ルーブル美術館……………豊福邦隆
- 44 知財散歩道 (150)  
史上最大の特許買取劇……………浜畑成靖
- 46 パピルス  
ACS spring 2024 で Lars Berglund 教授が Anselme Payen 賞を受賞……………藤澤秀次
- 47 内外業界ニュース
- 51 特許公報
- 60 全国パルプ材価格
- 61 統計
- 63 協会だより

## グリーンアンモニアバリューチェーン

株式会社 IHI 事業開発統括本部 アンモニアバリューチェーンプロジェクト部  
毛受義博

燃料アンモニアは、燃焼時に CO<sub>2</sub> を排出せず、カーボンニュートラルの実現に向けた次世代エネルギーの一つとして注目されている。IHI グループにおいて、将来の脱炭素事業の中核に再生可能エネルギー由来のグリーンアンモニア製造事業を据えている。

また、当社では、将来的な燃料アンモニアの大量消費を見据え、グリーンアンモニア製造のみならず、輸送・貯蔵・利活用技術開発までのバリューチェーン構築に向け、幅広い活動に取り組んでいる。

上流の製造においては、インドやオーストラリア等の再エネ資源の豊富な国にて、より安価なグリーンアンモニア製造に向けた調査・検討を進めている。中流の輸送・貯蔵では、輸送時も CO<sub>2</sub> を発生させないアンモニア燃料の船舶開発や、大規模受入拠点整備に向けた LPG タンクの転用、大型貯蔵タンクの開発にも取り組んでいる。そして、下流の利活用においてはボイラやガスタービン、ガスエンジンといったアンモニアの利活用技術開発を進めている。

IHI グループは、グリーンアンモニアバリューチェーンを早期に構築し、国内外の脱炭素化を推進し、持続可能な社会の実現に貢献していく所存である。

(本文 4 ページ)

## いわき 5 号リサイクルボイラーにおける操業経験

いわき大王製紙株式会社 動力部 動力課  
大平達彦

いわき大王製紙株式会社は 2023 年 2 月より 5 号リサイクルボイラー（三菱重工パワーインダストリー株式会社）の営業運転を開始した。

5 号リサイクルボイラーの特徴として、蒸気温度を 300℃程度とすることでボイラーチューブのメタル温度を腐食域から遠ざけ、塩素による高温腐食を低減する仕組みが挙げられる。これにより 従来の設備では使用が難しく、埋立や単純焼却されていた廃棄物由来の燃料等、多種多様な廃棄物が使用可能となる点が最大の強みである。

試運転のトラブルとして、大きなクリンカが発生した。これは、RPF と A 重油を混焼させたことにより局所的にバーナー廻りの流動砂が高温となり、溶融した流動砂と「燃焼灰」や「層内で生成したアグロメ」が混ざり合ったためである。この問題は燃料の組み合わせを見直すことで改善し、再発していない。また、試運転当初より層内蒸発器管を保護している溶射膜の摩耗が発生しており、連続操業の目標に向けてメーカーと管の延命対策を進めている。

本稿ではこのリサイクルボイラーの設備概要と操業経験、トラブル事例について報告する。

(本文 11 ページ)

## ポンプによる省エネ —省エネルギーと二酸化炭素削減を実現—

株式会社西島製作所 ファシリティ・ソリューション部  
藤本陽太

脱炭素の動きが活発化している。世界で 150 カ国以上が 2050 年等の年限を区切ったカーボンニュートラル (CN) の表現を表明。日本においても 2020 年に 2050 年 CN 宣言。さらに燃料価格上昇による電力価格高騰もあり、大量の電力を消費する我々製造業においては省エネを進めていくことが喫緊の課題である。特に製紙業界ではパルプ化工程での原料水、製紙工程を含めたボイラ周り、各種冷却水等多くの水を利用しており、それらを送水するポンプが多くの電力を消費している。このことから、工場内のポンプで消費する電力を削減することが工場全体の省エネを進めていくことになりポンプでの省エネが重要であることがわかる。

しかしながら照明のLED化や省エネタイプ空調設備導入等に比べポンプは規格品ではない。また機器選定が難しいこと、製品寿命が長いことから更新タイミングが少なく省エネの対象機器に挙がり難いのが現状である。

弊社は長きにわたり高効率ポンプの開発と省エネに向けた運用アドバイスを行っており、多くの省エネ達成実績をもっている。その経験を基に本稿では弊社が行う省エネ提案活動の紹介、及び製紙業界で使用するポンプの省エネについて白水系、ボイラ周り、冷却水系の3つの系統に対し高効率ポンプ採用、ポンプ仕様最適化等それぞれの手法を紹介していく。

(本文 16 ページ)

## 工場水源地原水ポンプインバータ化による省電力

日本製紙株式会社 岩国工場 原動部 原動課  
池田宜将  
日本製紙株式会社 岩国工場 工務部 電装課  
村田光弘

日本製紙岩国工場は山口県東部を流れる錦川の2箇所の水源地から4台のポンプを使用して4km以上離れた工場から遠隔監視および操作をして工場へ用水を安定供給している。その一つの第2水源地の原水ポンプ2台（巻線型高圧モータを使用）を商用電源駆動からインバータ駆動へ改造して5,600 MWh/年超の大きな省エネ効果を得た。

第2水源地は住宅街と隣接しており振動や騒音といったリスクを抱えているが、設置時に事前検討した振動・騒音対策、インバータ化による発電時の瞬低対策、インバータ故障等のトラブル時に用水を安定供給するためのバックアップ運転について発表するとともに、原水ポンプ2台をインバータ化する過程において予想外の振動・騒音が発生した件や、その他に経験したトラブル内容について紹介する。

(本文 21 ページ)

## 省エネルギー型スクリー式蒸気駆動エアコンプレッサシステム

### —三浦工業社製蒸気駆動エアコンプレッサ—

株式会社マツボ 産業機械三部 第1グループ  
榎田 賢

省エネルギー、CO<sub>2</sub>削減の要求が高まる中、事業所の消費電力の2～3割を占めると言われるコンプレッサの省力化は重要である。ランニングコスト・CO<sub>2</sub>排出量を共に約90%削減できる「蒸気駆動エアコンプレッサ」を用いた、工場全体の蒸気・熱の有効利用を提案する。

事業所において、蒸気は熱源として使われている。一方で蒸気はエネルギー媒体として圧力も高いため、動力源として活用することが可能である。

従来システムにおいて、ボイラで発生した高い圧力の蒸気は、減圧弁を用いて蒸気機器に適した温度・圧力まで下げて利用される。蒸気駆動エアコンプレッサは、この減圧弁の代わりとなる物で、減圧弁が調圧機能を果たしながら同時に圧縮空気を生成していることになる。

また、空気を圧縮すると、圧縮熱により高温の圧縮空気となる。圧縮空気を利用する機器では熱が不要であるため、従来のコンプレッサではクーリングタワーなどの冷却機器を利用して、圧縮熱を大気に棄てている。この棄てられていた圧縮熱を蒸気駆動エアコンプレッサでは冷却水に熱回収する事で最大85℃の高温水として取り出すことができる。この高温水をボイラへ供給することで、蒸気化する際に必要な燃料を節減する効果がある。

(本文 27 ページ)

## バイオマスボイラの操業経験

レンゴー株式会社 利根川事業所 施設部 動力課  
四方修平

多様化する環境問題に対する企業の取組みの重要性がますます高まっている事を背景に、化石エネルギー起源 CO<sub>2</sub> 排出量（2013 年度比）を 2030 年度に 46%削減を目標にレンゴー株式会社利根川事業所では建築廃材の木質チップ、RPF、廃タイヤといった 3 種類の固形燃料を混合して使用する 3 号バイオマスボイラを 2022 年 9 月に新設した。バイオマスボイラの主要目は、既設ガスボイラと同等となるように計画し、既設ガスボイラを予備缶とした。

今回は、このバイオマスボイラの設備仕様概要及びその特色、試運転以降の操業経験とトラブル事例について報告する

(本文 31 ページ)

## インド紙パルプ技術協会 (Indian Pulp and Paper Technical Association) との技術交流会開催報告

紙パルプ技術協会 専務理事  
福井照信

インド紙パルプ技術協会 (Indian Pulp and Paper Technical Association) から 39 名が来日し、工場見学とテーマ発表・懇親会を内容とする技術交流会を開催した。

工場見学は、3 月 4 日 -6 日に、レンゴー株式会社八潮工場、イチカワ株式会社柏工場、王子マテリア株式会社富士工場、日本製紙クレシア株式会社興陽工場および北越コーポレーション株式会社新潟工場を訪問し、テーマ発表と懇親会は、3 月 7 日に紙パルプ会館で開催した。

テーマ発表では、IPPTA からインドの紙パルプ産業の状況についての発表があり、インドには 569 か所の製紙工場があること、2022-23 年での生産能力は 3,200 万トン、生産量、需要量はともに約 2,650 万トン、使用原料別では古紙パルプが約 8 割を占めており、GDP の今後の伸びと同様に紙需要も大きく伸びるという報告があった。日本側からは、IPPTA の希望に基づき、(1)日本の製紙産業の課題と CO<sub>2</sub> 排出ゼロへの取組み、(2)将来の原料確保 (木材、古紙)、(3)業界のイメージ向上策、(4)水管理戦略・節水、(5)設備の信頼性確保策、予防保全取組み、(6)AI 活用による自動化取組みと操業員の能力向上取組み、(7)政府、業界、関係機関との協力 について発表した。

(本文 35 ページ)

## 省エネルギーⅡ・カーボンニュートラル特集

- 1 熊谷工場における省エネルギーと省CO<sub>2</sub>の取り組み……宮崎達弥
- 6 中国／江門星輝造紙におけるリニア式タービン真空ポンプの導入……藤田範之
- 12 コンプレッサー設備の省エネルギー……藤田祐章
- 18 高効率モーター採用による省エネ事例……太田島博臣
- 22 川内工場における抄紙工程の省エネ事例……岩尾優希
- 26 卸電力市場活用によるコストダウン・需要最適化取組みのご紹介……八木賢治郎
- 31 カーボンニュートラル社会の実現に向けたライムキルン向けガス燃焼技術の開発  
……井上仁司

- 総説・資料 35 クラフトパルプにおける省エネルギーと操業改善事例  
—黒液が関与する工程に着目したアプローチ—……和田 敏

- シリーズ：大学・  
官公庁研究機関の  
研究室紹介(157) 40 長岡技術科学大学 技学研究院 物質生物系 微生物代謝工学研究室

- 03 会告
- 42 パピルス  
最近の注目特許
- 48 内外業界ニュース
- 51 特許公報
- 58 全国パルプ材価格
- 59 統計
- 61 協会だより

## 熊谷工場における省エネルギーと省 CO<sub>2</sub> の取り組み

リンテック株式会社 熊谷工場 工務部 原動課  
宮崎達弥

地球温暖化対策の具体的な活動が各国に求められている。日本政府は「2030年までに2013年度比で温室効果ガスの排出量46%削減を目指す」という方針を出している。企業に対してもCO<sub>2</sub>削減努力を強く期待しており、地球規模の課題である気候変動問題の解決に向けて取り組んできた。

リンテックグループでは、長期ビジョン「LSV 2030」の重点テーマの一つに「社会的課題の解決」を掲げ、環境への取り組みを全社一丸となって進めている。「2050年までにカーボンニュートラルを実現」を目指したCO<sub>2</sub>排出量削減対策に取り組んでいる。

熊谷工場ではCO<sub>2</sub>排出量削減の取り組みの一つとしてクリーンルーム空調の戻り冷水から廃熱を回収し、乾燥設備の予熱を行う水熱利用装置の導入や1,900 kW級コージェネレーションシステム（以下CGS）の導入、ボイラーの最適運転を実践してきた。

1,900 kW級CGSの導入において、廃熱を蒸気発生として直接利用でき総合効率が高く、省エネ省CO<sub>2</sub>効果が優れているガスタービンCGSを採用した。また、エネルギーサービス契約を活用することで初期投資をゼロにすることができ、運用面では定期整備や故障対応も円滑な体制が取れている。

ボイラーの最適運転においては、捨てられる紙屑由来の固形燃料を使っている焼却炉ボイラーを高負荷で運転させることで貫流ボイラーの燃料削減といった省エネに繋がった。2023年1月には超高効率貫流ボイラーを導入し優先稼働させることでさらに燃料の削減ができた。

本稿では、水熱利用装置とエネルギーサービス契約によるガスタービンCGS導入効果及びボイラーの最適運転による省エネ・省CO<sub>2</sub>事例を紹介する。

(本文1ページ)

## 中国／江門星輝造紙におけるリニア式タービン真空ポンプの導入

北越コーポレーション株式会社 関東工場 勝田工務部 施設課  
藤田範之

中国／江門星輝造紙有限公司では工場コスト改善や国の施策への対応もあり、省エネルギーは継続的に取り組んできた重要なテーマである。当工場ではワイヤー・プレス真空脱水用として水封式真空ポンプを9台使用していたが、これらを効率が優れるリニア式タービン真空ポンプ4台に集約することで、748 kWの電力削減を達成することができた。

リニア式タービン真空ポンプの特徴として、磁気軸受を採用し非接触で軸を支持するため、回転時の抵抗（損失）が非常に小さく、高速回転が可能である。電動機は回転子に永久磁石を採用し、ベクトル制御インバーター駆動とすることで、最大効率は97%以上を達成している。また、ポンプのインペラーは三次元流体解析による高効率設計がなされており、さらに電動機と直結されることにより増速機が不要で高速回転が可能となり、伝達効率も高くなっている。

真空ポンプ・電動機共に非常にコンパクトであり、増速機や潤滑ユニットが不要で、汽水分離器を含めても装置全体のスペースユーティリティに優れるため、既存設備への導入が容易である。また、軸受の定期交換や日常の油脂管理が不要で、メンテナンスの省力化が期待できる。中国では採用実績が着実に伸びてきており、装置の省エネルギー性と信頼性への裏付けと考える。

(本文6ページ)

## コンプレッサー設備の省エネルギー

株式会社 IHI 回転機械エンジニアリング 技術センター 圧縮機設計部  
藤田祐章

産業分野では、利便性の高い動力源として圧縮空気が幅広く使用されている。

その圧縮空気を生み出すものがコンプレッサー設備であるが、CO<sub>2</sub> 排出量削減や電気料金高騰において、運用するユーザーのニーズや悩みは多岐にわたる。

圧縮空気使用量のトレンドは常に変動し、適正な機種や台数での運用が出来ずに原単位（単位空気量当たりの消費電力）が悪化する時間帯があるケースが非常に多い。このことからコンプレッサー設備は、どのようなトレンド状況でも原単位が悪化しない（変わらない）設備が「究極の省エネ設備」であり理想的である。

ただし刻々と変化する圧縮空気使用量トレンドに対して1日中または年間を通して同じような原単位で運用することは現実的に不可能であるが、「究極の省エネ設備」に近づけることは可能である。

まずトレンド解析によりコンプレッサーの稼働状況を知り、コンプレッサーの特性を活かして運用できているかの確認が重要なポイントであるが、台数制御、配管設備、エア漏れ、メンテナンス状況などを調査する広い視野での計画を推奨。そこには改善のヒントが必ず隠れている。

(本文 12 ページ)

## 高効率モーター採用による省エネ事例

王子エフテックス株式会社 東海工場 施設動力部  
太田島博臣

王子グループでは、2020年9月に2030年度を目標達成年度とする「環境行動計画2030」と、30年後の長期ビジョンである「環境ビジョン2050」を策定した。

東海工場においても、目標達成に向けエネルギー消費原単位を5年間平均で年1%以上削減することを目標にエネルギー効率の向上に取り組んでいるが、近年は省エネルギー効果が大きい案件の発掘には至らず、細かな案件を多数実施する活動が続いていた。

その中でモーター効率改善による省エネルギーを検討、製造ラインに清水を供給しているポンプのモーター（AC 220 V 30 kW）1台を永久磁石型同期モーター（PM モーター）に置き換えた場合の試算を行った結果、一定の投資効果が見込める事から PM モーター採用を決定した。併せて、PM モーター置き換えによるインバーター駆動に伴い、従来のポンプ出口バルブ開度 80% 固定運転から、運転周波数調整を行い、さらなる省エネルギーを図ることとした。

PM モーター置き換え前の試算では 2.2 kW の削減効果を見込んでいたが、置き換え後の結果では 2.9 kW 下がり、また、運転周波数調整では 4.0 kW の削減効果の見込に対し、結果は 5.3 kW の省エネルギー効果が確認でき、どちらも見込みを上回る結果となった。

本事例では PM モーター置き換えによる効率向上分に加え、従来の誘導モーター効率が見込みよりも低かったため、実際はさらに軸動力が下がり、全体として見込みの効果を上回ったと考察する。

今回の結果により、現在、同様の清水給水ポンプを3台追加で PM モーターに置き換える計画を進めている。今後は高効率ポンプ導入の検討も行き、更なる省エネルギー活動に努めていきたい。

(本文 18 ページ)

## 川内工場における抄紙工程の省エネ事例

中越パルプ工業株式会社 川内工 抄紙部  
岩尾優希

現在世界中でカーボンニュートラルの取り組みが積極的に行われており、当工場でも省エネ活動については長年に亘り取り組んでいる。時代の流れは品質要望にも表れ、抄紙工程の操業にも変化が求められている。

長年当たり前となっていた操業形態については、固定概念にとらわれず品質面を重視しながら省エネの検証を行った。検証項目は、カンバスドライヤーの蒸気を止めバイパスした事例、クーチルーツ及び1次クリーナーナッシュポンプを停止した事例により省電力及び省蒸気を達成している。また省エネに寄与する抄紙用具を進取果敢に取り入れ、ワイヤーによる駆動負荷低減を図った結果、省電力を達成している。

本稿では当工場の抄紙工程で実施してきた省エネ事例を紹介する。

① プレドライヤーの6本のカンバスドライヤーの蒸気を止め、カンバスランをバイパスすることで電力30.0 kW及び蒸気12,966 t/年の削減となった。

② ワイヤー・プレスパートの真空系統を連結することによりクーチルーツを停止することで電力88.8 kWの削減となった。

③ 他抄紙機での実績を活かし、1次クリーナーナッシュポンプを停止することで電力19.9 kWの削減及び393,120 m<sup>3</sup>/年の節水となった。

④ 日本フィルコン株式会社製の省エネワイヤー eco シリーズを採用し、ワイヤーパートの駆動負荷低減を図り、電力11.2～14.9 kWの削減となった。他抄紙機においても省エネワイヤーの使用を検討中である。

(本文 22 ページ)

## 卸電力市場活用によるコストダウン・需要最適化取組みのご紹介

特種東海製紙株式会社 資源再活用本部 事業開発部  
八木賢治郎

近年、夏・冬に電力需給がひっ迫して節電要請が出される一方、太陽光発電拡大に伴って春・秋の休日昼間などに出力抑制が行われている。需給を反映して、卸電力市場は0.01～200円/kWhと大幅な価格変動を示している。

このような背景を元に、特種東海製紙(株)三島工場では卸電力市場に参加して、市場価格・電力需給状況に応じた自家発電設備の運転調整を開始した。安値買電・高値売電によるコストダウンを実現するとともに、上げDR(ディマンドリスポンス)・下げDRによる「電気の需要の最適化」を実現している。再エネ拡大に伴って世界的にも課題とされているダックカーブ現象の解消にも貢献する取組みと考えられる。

本取組実施にあたっては、工場のエネルギーシステムをモデル化した数理最適化モデルを活用している。このモデルを、検討時の効果計算や、日々の運用における30分ごと運転判断において使用している。自家発電設備の部分負荷特性、起動停止コスト、コージェネレーションシステムなどの特性をすべて考慮して、30分毎の運転を判断することは非常に煩雑であるが、本モデルを組み込んだエクセルファイルを動力オペレータへ提供することで、土日夜間も含めて、適切な運転判断を可能としている。

また、市場の異常高騰に対するリスク対応も非常に重要であり、当社では電力先物、相対契約、および保険を組み合わせて対応している。

その他、生産設備でのDR取組みや、他工場で本取組みを実現可能とするプラットフォーム・システムの開発についても紹介する。

(本文 26 ページ)

## カーボンニュートラル社会の実現に向けたライムキルン向け ガス燃焼技術の開発

Daigas エナジー株式会社 ビジネス開発部  
井上仁司

2050年カーボンニュートラル社会の実現に向けてCO<sub>2</sub>削減への取り組みが加速しているが、国内の製紙業界のライムキルンの燃料としてはC重油などが使用されており、これらの燃料は天然ガスと比較し、熱量当たりのCO<sub>2</sub>排出量が多いもののコストは低く、単純な天然ガス化は厳しい状況であった。

当社では、ライムキルンにおいて、これまで進めてきた省エネ技術、液体燃料から天然ガスへの燃料転換などの既存技術をさらに深化させ、独自のガスアトマイズ燃焼技術やガス専焼技術により天然ガス転換を推進し、工

エネルギー単位の改善と CO<sub>2</sub> 排出量削減に取り組んでいる。

ガスアトマイズ燃焼技術は、重油と天然ガスの混焼技術であり、既存のバーナを流用した燃料転換が可能である。当社ではお客さまのキルンごとに火炎形状を最適化することで、焼成率向上、低 NOx 化やコーチングを抑制することに成功した。当社のガスアトマイズ燃焼技術は 2 工場 4 キルンでご採用いただいております、重油燃焼に比べ約 20% の CO<sub>2</sub> 削減に貢献している。

ガス専焼技術に関しては、輝炎を形成するガスバーナを新たに開発し、オイルガンを交換することに加え、既存バーナの近傍に補助バーナを追加し、メインバーナと補助バーナの燃焼量比率やガス噴出流速を調整することで火炎形状や温度分布を最適化することが可能となった。2023 年中にはお客さま先での実炉テストを行い、導入を進めていく予定である。ガスアトマイズ燃焼技術の展開およびガス専焼技術の導入による天然ガス転換推進で着実な低炭素化を進めるとともに、将来的には天然ガスで稼働するライムキルンに対してメタネーション技術により天然ガスを e-methane へ転換し、2050 年のカーボンニュートラル社会の実現に貢献していきたい。

(本文 31 ページ)

## クラフトパルプにおける省エネルギーと操業改善事例 —黒液が関与する工程に着目したアプローチ—

栗田工業株式会社 紙パプロセス技術部 紙パ技術課  
和田 敏

紙パルプ工場では、近年の原材料価格変動や燃料高騰など様々な要因から、生産効率の向上や省エネルギーに対する要望が増し続けている。

ここで、蒸解工程は、チップから紙の原料となるパルプを製造する工程であり、同時にエネルギーとなる希黒液を生み出す工程のため、安定操業、生産性維持は非常に重要な工程である。

また、エバポレータは、エネルギーとなる黒液を濃縮する工程であり、安定した操業は省エネルギー、コストダウンのために重要な工程である。

これらの工程において、デポジットの付着は、生産性の低下やエネルギー損失の原因となる。デポジットの発生は、原料や蒸解薬品に含まれる成分が、操業の条件において発生するため、避けられないものである。

その対策として、水処理薬品を用いた対策としては、洗浄剤を用いて洗浄し、付着防止剤を用いて清浄な状態を維持する事が理想である。

デポジットは、発生する個所により成分や特性が異なるため、適切な水処理薬品を用いて管理する必要がある。

本報では、デポジットに関与する操業改善およびエネルギー損失低減方法として、洗浄剤や付着防止剤の理論および、蒸解釜のトップセパレータに付着したデポジットの洗浄剤処理による改善事例および、エバポレータに付着した有機物の付着防止剤適用による改善事例を紹介する。

(本文 35 ページ)

## パルプ特集

- 
- 1 第29回パルプ技術セミナー開催報告……紙パルプ技術協会 パルプ技術委員会
- 4 リグニンの分離と利用技術について……岩崎 誠
- 12 ライムキルン向け省エネ・省CO<sub>2</sub>バーナの開発と実炉評価……北村暁之
- 17 ヘミセルロース活用生分解性バイオプラスチック  
—樹脂材料～製品一貫開発・生産プロセス—……茄子川 仁
- 21 世界初！木の酒の製造技術とその特徴  
—地域振興につながる新産業創出を目指して—……大塚祐一郎
- 27 木を溶かしてつくる新素材  
—有機酸による植物細胞壁リアッセンプリ素材の創成—……渡辺隆司
- 30 セラーゼ剤によるリファイナーエネルギー低減とパルプ繊維改質……波多野正信
- 36 クラフト蒸解工程での助剤適用可能性……藤井貴之, 文原正和
- 41 スクリーンの高濃度操業  
—プレス洗浄機, プレッシャーディフューザー—……神田 隆
- 45 洗浄強化による省エネ……西原禎朗
- 49 容器包装リサイクル法と紙製容器包装のリサイクルについて……長塚真行
- 55 パルパ・デトラッシング最新技術の紹介……織戸 慧
- 62 安定操業に向けた保全DX  
—保全業務の効率化と質の向上—……住谷拓斗
- 66 データを用いたパルププロセスにおける将来への取り組み  
—工場のデジタル化—……板東永師
- 71 第4回パルプ基礎講座 開催概要報告
- 
- 総説・資料 72 パルプ蒸解助剤を活用した収益改善プログラム……榎本幸典, 文原正和
- 78 EcoBright™ —最新のパルプ漂白技術によるコスト・品質・環境の改善  
……相河祐介
- 
- シリーズ：大学・  
官公庁研究機関の  
研究室紹介(158)
- 84 京都大学生存圏研究所 居住圏環境共生分野
- 
- 03 会告
- 86 知財散歩道 (151)  
共通言語を増やそう……西村孝之
- 87 Coffee break  
光明皇后親筆～杜家立成雑書要略～……辻本直彦
- 89 パピルス  
幻の戦闘機……藤田幸英
- 92 内外業界ニュース
- 97 特許公報
- 105 全国パルプ材価格
- 106 統計
- 108 協会だより
-

## リグニンの分離と利用技術について

MIP コンサルタント事務所  
岩崎 誠

現在、地球規模の警戒を未然に防ぐ観点から、カーボンニュートラルなエネルギーや化学品への注目度が高く、化石エネルギーや化学品の代替として活用したいと考える企業も少なくない。このような状況下、パルプ・製紙会社は、リグニンの利用を含むバイオリファイナリーに傾倒している。本稿では、リグニンの分離利用技術の世界動向について紹介する。また、スウェーデンが開発した KP 黒液からリグニンを分離する方法や、リグニン由来製品を中心にした北米や日本の取り組みについても概説する。

(本文 4 ページ)

## ライムキルン向け省エネ・省 CO<sub>2</sub> バーナの開発と実炉評価

Daigas エナジー株式会社 ビジネス開発部  
北村 暁之

国内の製紙業界のライムキルンの燃料としては C 重油などが使用されており、天然ガスと比較し熱量当たりの CO<sub>2</sub> 排出量が多いもののコストは低く、単純な天然ガス化は厳しい状況であった。しかし、2050 年のカーボンニュートラル社会の実現に向けた急速な環境変化から、CO<sub>2</sub> 削減が必要であった。

当社では、これまで進めてきた天然ガスへの燃料転換などの既存技術をさらに深化させ、独自のガスアトマイズ燃焼技術やガス専焼技術により天然ガス転換を推進し、エネルギー原単位の改善と CO<sub>2</sub> 削減に取り組んでいる。

ガスアトマイズ燃焼技術は、重油と天然ガスの混焼技術であり、既存のバーナを流用した燃料転換が可能である。当社ではお客さまのキルンごとに火炎形状を最適化することで、焼成率向上や低 NO<sub>x</sub> 化、コーチングの抑制に成功した。このガスアトマイズ燃焼技術は 2 工場 4 キルンでご採用いただいております。重油燃焼に比べ約 20% の CO<sub>2</sub> 削減に貢献している。

当社のガス専焼技術は、当社で開発した輝炎を形成するガスバーナを用いた技術であり、効率的に燃料を全て天然ガスに転換することが可能である。既設バーナを流用し当社製バーナを使用する方式と、太平洋エンジニアリング株式会社製のバーナと当社製バーナを組み合わせる 2 つの方式で、既にお客さまのキルンにて 7% 程度の原単位改善を達成している。

ガスアトマイズ燃焼技術およびガス専焼技術の導入・展開による天然ガス転換で着実な低炭素化を進めていく。さらに、将来的には天然ガスで稼働するライムキルンに対してメタネーション技術により天然ガスを e-メタンへ転換し、2050 年のカーボンニュートラル社会の実現に貢献していきたい。

(本文 12 ページ)

## ヘミセルロース活用生分解性バイオプラスチック

— 樹脂材料～製品一貫開発・生産プロセス —

株式会社ヘミセルロース  
茄子川 仁

(株)ヘミセルロース(神奈川県川崎市)は、樹木・植物の構成成分であるヘミセルロースおよびセルロースを原料に、独自の「抽出～化学合成～混練・ペレット化～成形」の一貫製造技術を駆使して開発した生分解性バイオプラスチック「HEMIX™」の実用化を進めている。

2009 年 4 月の設立当時から、金型・素形材業界の支援サービスをはじめとするコンサルティング事業を展開していたが、日本の素形材産業が国際競争力を高めるためには、上流にあたる樹脂材料も含めた一体的な国内サプライチェーン構築が必要との考えのもと、天然糖類から生分解性バイオプラスチックの開発をスタートした。

CO<sub>2</sub> 削減および海洋プラスチックごみ問題対策として、持続的な地球環境の構築に貢献するだけでなく、

HEMIX™ を活かし、日本の金型・射出成形など素形材産業の競争力向上に寄与することも事業目的としている。また国内未利用植物資源の活用を通じた地域経済の活性化・産業創造を目指している。

(本文 17 ページ)

## 世界初！木の酒の製造技術とその特徴

—地域振興につながる新産業創出を目指して—

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  
大塚祐一郎

木材の細胞壁の厚さを砕く新しい前処理技術「湿式ミリング処理」は、熱処理や薬剤処理なしに木材を直接糖化・発酵することを可能にする。我々はこの技術を応用して歴史上例のない木材そのものを糖化・発酵して造る「木の酒」の製造技術開発を行なっている。木材の粗粉碎、微粉碎を経て加工した木粉に水を加え、ビーズミル装置で 2 μm 以下にまですり潰すことで細胞壁の厚さを砕き、細胞壁に埋め込まれたセルロースを高効率に露出した木材スラリーへと加工する。露出したセルロースは成分分離なしにセルラーゼ酵素によってグルコースへと分解可能で、そこに醸造用の酵母を添加して木の香りを豊かに含むアルコールを製造することができる。我々が確立した基本的な「木の酒」の製造プロセスでは 2 kg のスギ材からアルコール濃度 35% の蒸留酒がウイスキーボトル (750 mL) で 1 本分製造することができる。スギ、シラカンバ、ミズナラ、クロモジから「木の酒」を試験製造したところ樹種ごとに特徴的な風味が出ること、樹種ごとの木材が持つ特有の香りに加えて、アルコール発酵の過程で酵母が独自に作り出す新しい香りが織り混ざった複雑な香りの特徴を有することがわかった。「木の酒」は人類が消費した歴史がなく安全性に関する知見がないことから、基本的な安全性試験として農薬、重金属、カビ毒、有機溶剤、有害物の含有量および遺伝子突然変異誘発性試験、ラットを用いた急性経口毒性試験、反復経口毒性試験を行い、スギ、シラカンバ、ミズナラ、クロモジそれぞれから製造した醸造酒および蒸留酒において問題となるデータはないことを確認した。森林総合研究所では木の酒の研究開発と社会実装の促進を目的として 2023 年 8 月に木質バイオマス変換新技術研究棟 (通称木の酒研究棟) を整備した。本施設は「木の酒」の製造技術開発の場としてだけでなく、「木の酒」の事業化を目指す酒造メーカーへの技術移転研修の場としても活用しており、近い将来「木の酒」の製造・販売が実現することで国産材の高付加価値化、国内林業振興への貢献が期待される。

(本文 21 ページ)

## 木を溶かしてつくる新素材

—有機酸による植物細胞壁リアッセンブリ素材の創成—

京都大学バイオマスプロダクトツリー 産学共同研究部門  
京都大学 生存圏研究所 生存圏未来開拓研究センター  
渡辺隆司

地球温暖化などを背景に、植物バイオマスからの新素材創成が急務となっている。我々は、木材や草本バイオマスが穏やかな条件でギ酸などの単純な構造の有機酸に可溶化することを見出し、株式会社ダイセルと共同で、アクリル樹脂に匹敵する引張強度をもつ透明性のあるフィルムや、紙の風合いをもつ不透明なフィルムを作成するとともに、このフィルムを木材や金属、陶器、ガラス、プラスチックに熱圧することにより新しい表面コート材料を作成できることを見出した。さらに、木材のギ酸可溶化物からガラス繊維強化樹脂に匹敵する曲げ弾性率をもつ木質圧縮成形物を作成した。木材の他、農産廃棄物、タケも可溶化し、新しいバイオマス素材の開発を通じた持続可能社会の構築を目指した活動を進めている。

(本文 27 ページ)

## セルラーゼ剤によるリファイナーエネルギー低減とパルプ繊維改質

株式会社理研グリーン 産薬事業本部技術部 産薬研究室  
波多野正信

製紙分野ではキシラナーゼ、アミラーゼ、ラッカーゼなどの酵素が使われているが、私達はセルラーゼによるセルロース分解を利用した紙力向上を行ってきた。しかしセルラーゼは単にセルロースを分解するだけでなく、色々な可能性を秘めた酵素であることが分かってきた。

ラボ試験ではビーター叩解、ラボリファイナー叩解によるエネルギー負荷の減少を検証。その結果を基に実機試験をトライした。実機試験ではセルラーゼ剤を使用することでまず薬剤によるフィブリル化によって紙力が向上する。そのことより機械によるフィブリル化を低減、つまりリファイナー負荷の低減が可能となり節電につながる。また機械によるフィブリル化が低減することによりパルプの質が向上し、フリーネスも上がるため濾水向上が期待できドライヤー蒸気の節約にもなる。これらの効果によりエネルギーの削減が可能となり、についてはCO<sub>2</sub>排出の削減にも繋がっていく。セルラーゼ剤は紙力向上だけではなく濾水向上、エネルギーコストの削減にも寄与でき環境対策にも貢献できる。

また不透明度低下（透明度の向上）においてもセルラーゼ剤を添加しビーター叩解、ラボリファイナー叩解を行うラボ試験にて評価。不透明度の低下が得られることが確認されたことより実機試験したところ実機においても不透明度低下が認められ、パルプ繊維の改質が可能であることが示唆された。

本稿ではセルラーゼ剤によるリファイナーエネルギーの低減・パルプ質の向上および不透明度低下などのパルプ繊維の改質について紹介する。

(本文 30 ページ)

## クラフト蒸解工程での助剤適用可能性

株式会社片山化学工業研究所 開発本部 技術研究部 紙パルプチーム  
藤井貴之  
片山ナルコ株式会社 紙パルプサービス事業部 事業推進部  
文原正和

2050年カーボンニュートラルを達成するため、製紙産業では以前から製紙工程から排出されるCO<sub>2</sub>は森林が吸収することにより相殺するゼロ・エミッションとして取り組んできた。また近年では、大気中のCO<sub>2</sub>を回収・吸収し、貯留・固定化することでCO<sub>2</sub>を除去するネガティブ・エミッションについても、黒液ボイラーで発生したCO<sub>2</sub>を回収・固定化する技術の導入・検討が進んでいる。現在、このように製造されたクラフトパルプの使用用途は紙だけでなく、CNFやプラスチック代替としての紙製食器などが製造・開発されている。また、パルプからバイオエタノールを生産しSAF (sustainable Aviation Fuel) として利用することも進んでおり需要の高まりが期待される。日本におけるバージンパルプの製造は化学パルプが主流であり、中でもクラフトパルプが大半を占めている。クラフトパルプは白液と呼ばれる蒸解液と熱を加えてセルロース繊維を得る方法である。クラフトパルプは繊維強度が高い反面、機械パルプに比べてパルプ収率が低いという特徴がある。アントラキノンパルプはパルプ収率を高め、脱リグニンを促進する優れた蒸解促進剤として広く使用されてきた。しかし、2013年にBfRの食品包装材への使用を推奨する化学物質リストから削除された。

日本のバージンパルプ生産量は減少傾向にあるが、SDGsやカーボンニュートラルの観点から、プラスチック代替品としてバージンパルプを原料とした紙製品の需要増加が見込まれている。このような状況下、クラフトパルプにおけるパルプ収率の向上や脱リグニンの促進が期待できるアントラキノンなどの代替品の開発が求められている。我々は、アントラキノン類の効果の一つであるパルプ収率向上を補うミラクルパルコン AC200を開発した。本稿では、いくつかの蒸解条件において実施したラボ試験の結果を報告する。

(本文 36 ページ)

## スクリーンの高濃度操業

アンドリッツ株式会社 サービス営業第1部  
神田 隆

スクリーンはパルプ中の異物を除去する為に使われ、その中でもバーク、シャイブ等の比較的小さな形状の異物除去がクラフトパルプ精選工程において行われる。昨今の世界的な燃料高騰により、スクリーニングには異物除去することで、最終製品の品質向上を目的とすることはもとより、少ない消費電力で十分な処理量を確保することも、今まで以上に求められている。アンドリッツのスクリーンの歴史において、現在スクリーン本体はもとより、スクリーンを構成する、バスケットやローターなどの内部部品の技術向上により、高品質を維持したまま、より多くのパルプ量を処理することが可能となっている。特にクラフトパルプの精選工程において、針葉樹、広葉樹共に最新の技術により、精選効率を維持したまま、高濃度操業によって十分な処理量を確保した操業を行っている工場も多い。品質に変わりなく、従来より高濃度で多くのパルプを処理することで、スクリーン1台あたりの処理量が多くなり、スクリーンをダウンサイジングしたり、使用台数を減らすことで動力エネルギーの削減が可能である。アンドリッツ製Fスクリーンで使用されるスクリーンバスケットは、操業条件をもとに多種多様なワイヤ幅、山高さから、最適なバスケットを選択することが可能で、ローターは流体抵抗を抑えた流線形のフォイルを持つドルフィンローターを標準装備している。それらのバスケット、ローターを装備したスクリーンを、ローター周速を～27 m/s ほどで運転することで、高濃度操業が可能となり、スクリーン1台当たりのパルプ処理量が増加する。それによって省エネや除塵効率の向上といった達成がされる。昨今のエネルギー高騰や、原材料の品質の低下を考えると、高濃度操業によるメリットは非常に大きく、現状での工場操業の課題解決に大きく役立つことと考える。

(本文 41 ページ)

## 洗浄強化による省エネ

### —プレス洗浄機、プレッシャーディフューザー—

バルメット株式会社 パルプ&エネルギー設備 営業部  
西原 禎朗

紙パルプ産業をはじめとする産業分野において、温室効果ガスの削減を含む省エネルギーは、今後の持続可能な発展のための最重要課題である。経産省による2030年の中期目標においては、国内の温室効果ガス排出量を2013年比で46%削減することが定められており、事業者に対する省エネルギーの求めは今後も加速していくものと思われる。バルメットは独自の気候変動向けプログラムを策定し、独自の削減目標の達成に向けて包括的なサステナビリティ事業を世界的に展開している。今回は特に、未晒洗浄におけるバルメットの設備による省エネルギー効果の例を紹介する。

蒸解工程の省エネ化の例として、バルメットのPDWのプロセスであるDiConn™システムを紹介する。既設釜のプロラインにDiConn™システムを取り入れることによって、洗浄液の温度の制限がなくなり、連釜洗浄ゾーン、PDWともに高温高圧下での洗浄が可能となる。これにより、連続蒸解釜内、並びにPDWの洗浄効率が上げられ、より多くのフラッシュ蒸気を発生させ、蒸気原単位が低減される。また、連釜洗浄ゾーンとPDWでの洗浄温度が高まることで、樹脂分除去に適した高温かつ長時間の洗浄が可能となり、ピッチトラブルを効果的に防止することが可能となる。

パルプ粗選・酸脱工程における省エネ化の例としては、プレス洗浄機の導入が挙げられる。バルメットのプレス洗浄機は現在第6世代まで開発が進んでおり、パルプの詰まりを防止しつつ最大の洗浄効率が得られる構造が特徴となっている。プレス洗浄機を取り入れることにより、蒸解工程で消費された薬品、溶解された有機固形分を効率よくパルプ繊維から分離して回収工程に送ることで薬品とエネルギーが回収されると共に、洗浄水の使用量を少なく抑え、エバでの濃縮に使用される蒸気消費量を抑えることができる。また、漂白工程へのCOD持ち込み量も低減される。

(本文 45 ページ)

## 容器包装リサイクル法と紙製容器包装のリサイクルについて

公益財団法人日本容器包装リサイクル協会  
長塚真行

容器包装リサイクル法（容リ法）は、家庭からごみとなって排出される「容器」「包装」のうち紙製容器包装、プラスチック製容器包装、ガラスびん、PET ボトルを再商品化（リサイクル）するための法律である。

### 制定の背景と経緯

容リ法制定は 1995 年、高度経済成長期以降の「大量生産、大量消費、大量廃棄」により一般廃棄物の最終処分場の残余能力が逼迫していた。容量で家庭ごみの約 60%を占める容器包装ごみ削減のため、リサイクルによりその減量と資源の有効活用を同時に果たすことを目的とした。

### 特徴

一般廃棄物処理に関わる主要な当事者それぞれがリサイクル及び容器包装ごみ削減において役割を担う。

消費者は分別排出、市町村は分別収集。そして、事業者は、拡大生産者責任（EPR）の考え方にに基づき、その事業において用いた、又は製造等した量の容器包装について再商品化する義務を果たすこと。拡大生産者責任とは、生産者の責任は、製品の生産・使用段階から消費後の廃棄・リサイクル段階にまで拡大されるとする考え方である。

### 再商品化の仕組みと 2022 年度実績

上記に基づき、再商品化義務を負う事業者（特定事業者）は、再商品化に要する費用を再商品化実施委託料として日本容器包装リサイクル協会（容リ協）に支払う。容リ制度利用を希望する市町村の容器包装ごみについて、容リ協が入札で選定した再商品化事業者が引取り、再商品化及び再商品化製品の利用事業者への販売を行う。容リ協は特定事業者の実施委託料を原資に、再商品化費用を支払うという仕組みである。

2022 年度の実績としては、1,592 市町村から約 125 万トンの容器包装廃ごみを引き取り、約 96 万トンを再商品化製品として販売した。

### 容リ法の成果と課題

廃棄物処分場の残余年数は 8.5 年から 23.5 年に伸長したが、予断を許す状況にはない。今後の社会情勢の変化等に伴い様々な影響を受けていくと思われるが、国との連携を密にしながら取り組んでいく。

(本文 49 ページ)

## パルパ・デトラッシング最新技術の紹介

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  
織戸 慧

パルピング工程におけるデトラッシュシステム（異物処理）はパルパの能力を維持するために不可欠なものであり、近年の原料古紙の品質悪化傾向によりその重要性は年々高まっている。

デトラッシュシステムは補助離解機と洗浄・脱水機にて行われるが、近年ではよりパルパから異物を積極的に引き抜くために特に補助離解機の効率化が求められている。この要望に応える特徴を備えた、弊社最新機種とそれらを用いたパルパ・デトラッシュ技術についてご紹介させていただく。

インテンサマックスは 2010 年にリリースされて以来現在まで 300 台以上の実績がある。特徴としては、まず、ロータとスクリーンプレートが本体上部に設置されているため、異物の巻き込みや摩耗が起りにくく交換部品の寿命が長くなる。次に、ロータ中心軸とケーシング中心軸とが傾いた角度で配置されており、ケーシング内の同心円状の回流が起りにくくすることで異物同士のからまりによる粗大化を防いでいる。

インテンススクリーンドラムは従来型にはない洗浄機能を兼ね備えた脱水機である。特徴としては、ドラム自体に傾斜をつけることで異物を十分に洗浄することができ、繊維ロスを防止している。また、ドラムを回転数制御しているため、様々な処理条件に応じることが可能である。洗浄機能を付与したことで、補助離解での洗浄工程を省け取込工程などその他に時間を充てることができた。

弊社最新技術・機種を導入することで、ライン全体の品質向上や工程の効率化を大幅に図ることができる。

(本文 55 ページ)

## 安定操業に向けた保全 DX

### —保全業務の効率化と質の向上—

横河ソリューションサービス株式会社 インダストリー統括本部 営業技術本部  
住谷拓斗

プラントにおける設備保全では、従来の BM (Breakdown Maintenance) から、巡回点検を主体とする TBM (Time Based Maintenance) へと変化してきた。しかしながら、TBM においても、故障の有無に関係なく保全を実施するなどして、保全コストの増大や故障率の悪化などの課題を持ち合わせている。近年、設備の高度化やプラントの老朽化に対応するための新たな保全方針として、CBM (Condition Based Maintenance) を目指す風潮となってきた。また、保全の現場では、点検員の高齢化や、労働人口の減少に起因する人員不足によって、技術伝承不足や技能低下が課題となっている。現場での測定や目視の結果から設備の状態を判断するノウハウ依存の方法から脱却し、客観的かつ均質な判断を行えることを目指している。

YOKOGAWA は本課題の解決に向けて、保全向けのセンサシリーズ「Sushi Sensor」を開発した。このセンサは、巡回点検の補完として、設備の状態を定量的に監視し、平常状態から異常状態に移行する予兆を捉えることが期待されている。センサは電池で駆動し、無線ネットワークによってデータを収集する。本稿では、加速度および速度、接触面の温度を測定するセンサを用いて冷却ポンプの傾向監視を行った事例を紹介する。事例では、設備の劣化状態を監視し、故障の兆候を把握することができた。Sushi Sensor によって、状態に合わせたメンテナンスを実施し、CBM の実現を提唱する。

(本文 62 ページ)

## データを用いたパルププロセスにおける将来への取り組み

### —工場のデジタル化—

バルメット株式会社 オートメーションシステムズビジネスライン  
板東永師

工場を取り巻く環境は常に変化しているが、昨今、特にデジタル化への移行が1つの大きな流れとなっている。パルプ工場においても同様に、データをより効率的に使用し無駄を省いていくこと、計画外のシャットダウンを防ぐこと、サステナビリティへの対応を強化し持続可能な社内へと貢献していくこと、少子化による人材不足による影響を防ぐこと、技術の伝承を伝えていくこと、が課題として挙げられる。これらの課題を中心とした様々な問題を解決していくためにも工場のデジタル化が注目を浴びている。

Valmet では、これまでよりもより統合化された工場作りを実現されるために、あらゆるデータの基となる、センサーや分析計類から DCS 等の制御機器の開発から、プロセスの最適化制御 APC (Advanced Process Control)、工場全体の最適化制御 MWO (Mill Wide Optimization) を推進している。

更に、データを効率的に活用していくため、制御ルームの統合化も進めており、意思伝達の迅速化や操作画面の統一化、それによる人手不足への対応までできるシステム作りが可能となっている。

より効率化を進めるためにも、各々の役割に応じてどこからでも指示や制御ができるような環境の構築が可能となっており、人とデータが上手く連携し、各プロセス間で発生していた無駄を取り除くことで、工場全体の操業を最適化していくことが可能となる。

Valmet では、現地のエンジニアと、サポートセンターを通したリモートでのサポート体制が可能であり、より迅速かつ包括的なサポート体制を構築している。

海外のパルプ工場においても、工場全体の最適化、デジタル化は進んでおり、お客様と Valmet での包括的なサポート体制を築くことで、効果を最大限に活かした工場作りが始まっている。

まずは、工場の現在の状況と将来的に目指す位置を明確にし、目標に向けて何から始めていくのかご相談頂き、データ解析サービス・工場のオーディットによる分析サービスから、将来に向けたより具体的なご提案をしている。

(本文 66 ページ)

## パルプ蒸解助剤を活用した収益改善プログラム

株式会社片山化学工業研究所 開発本部 技術研究部 紙パルプチーム  
榎本幸典  
片山ナルコ株式会社 紙パルプサービス事業部 事業推進部  
文原正和

当社は蒸解液のチップへの浸透・拡散を促進させるべく、新規の蒸解助剤として界面活性剤を主成分とするミラクルパルコン AC200 (PLCAC200) を開発した。PLCAC200 は木材チップと蒸解液との表面張力を低下させることにより、蒸解液の木材チップへの浸透とチップ内部での拡散を促進する。また、不均一な木材チップに対しても有効であり、クラフト蒸解法 4 原則の一つ目である「OH<sup>-</sup>の系内平準化」に寄与する。現在、短期・中長期のトライアルを複数工場にて計画・実施中であり、本来の目的であるパルプ収率向上や原木原単位改善に寄与するのかも確認を進めている。

(本文 72 ページ)

## EcoBright™—最新のパルプ漂白技術による コスト・品質・環境の改善

株式会社イメリスミネラルズ・ジャパン / イメリススペシャルティーズ ジャパン株式会社  
相河祐介

パルプの漂白技術は、TCF/ECF の導入によって環境・安全・健康面で大きな改善をもたらした。その反面、代替漂白薬品は高価であり、漂白反応機構は複雑化するなど操業負荷となり、パルプ漂白技術は既出手法の部分的な改善にとどまっている。

EcoBright は厳選した原料を精製・安定化させた水酸化マグネシウムスラリー製品であり、Mg<sup>++</sup> および OH<sup>-</sup> イオンを放出する。OH<sup>-</sup> によって苛性ソーダを部分的に置き換え、pH を最適な領域でコントロールし、H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> や ClO<sub>2</sub> などの漂白薬品の性能を最大限に引き出すことに成功した。一方の Mg<sup>++</sup> イオンは、セルロースを保護しパルプの歩留まりを向上させることは様々な文献において報告されており、その効果は COD (化学的酸素要求量) および Ca や Si 由来の強固なスケールの低減にも作用する。従って、パルプ工程において Mg<sup>++</sup> および OH<sup>-</sup> イオンは非常に重要であり、EcoBright ひとつでその両イオンを供給する。

EcoBright の効果は、化学・機械パルプにおいて顕著であり、pH の最適化によって工程水中のアニオン電荷が低減されるため、マシン側でのカチオンポリマー削減の成功例も多い。他方で DIP の実績はまだ限定的であるが、各種評価の過程でマグネシウム金属石鹸が生成され、脱墨工程の泡立ちが最適化され、収率の向上事例が報告されている。

このように、欧州における使用実績の増大に伴い漂白以外の効果の報告も多く寄せられている EcoBright であるが、2022 年末よりアジア地区向け供給体制に一定のめどが立ったことから、日本国内においても積極的な展開が期待される。

(本文 78 ページ)

## 製紙技術特集 I

- 1 第28回製紙技術セミナー開催報告……紙パルプ技術協会 製紙技術委員会
- 4 古紙処理システムと最新自動制御の紹介……長岡 礼
- 7 内添サイズ剤の最近の技術動向……入江俊輔
- 15 ハイモウエットエンドシステムの機能と最新技術  
—凝結剤・歩留剤・濾水剤活用による環境負荷軽減へのアプローチ—……佐藤夏彦
- 21 ピッチ問題解決のための基礎技術および最新技術動向……石川雄健
- 27 調成工程オンライン測定値と欠点情報の解析による欠点・断紙原因の探索……  
大高弘行, 野間美沙

### 総説・資料

- 32 パワーコンビクリーナー 2.0 の洗浄効果  
—エアベンチュリー自動洗浄システム搭載—……長谷川和生, Claus Robberts
- 37 プロジェクト社製カンバスクリーナー「パワーコンビクリーナー 2.0」操業体験  
……千住修平
- 43 抄紙工程における安全対策と省人化に貢献する相川鉄工の技術……吉野剛史
- 48 SmartPapyrus<sup>®</sup> を活用した生産性向上と技術伝承  
—欠点画像分類システムの最新動向と今後の展開—……下 貴行
- 54 ABB の DX ソリューション  
—叩解・ウエットエンド制御のためのプロセスの見える化—……依田裕道
- 61 第3回ウエットエンド基礎講座 開催概要報告

### 63 紙パルプ技術協会 第77回定時総会報告

- 03 会告
- 62 Coffee break  
ケタ違いの高報酬翻訳に自問自答した話……池田晴彦
- 79 パピルス  
最近の注目特許
- 85 内外業界ニュース
- 89 特許公報
- 96 全国パルプ材価格
- 97 統計
- 99 協会だより

## 古紙処理システムと最新自動制御の紹介

株式会社 IHI フォイトペーパーテクノロジー デジタルグループ  
長岡 礼

原質工程では従来、異物の処理や仕込み量の調整などに主にタイマー制御を用いてきた。これは今まで、系内の繊維や排出すべき異物の情報をメタデータとして得る事が難しく、系内の情報をダイレクトに制御にフィードバックすることができなかったからである。昨今のセンシング技術の向上によりこれらの情報はすでにメタデータとして扱えることができるようになってきている。

Voith paper では原質工程の従来の制御方式に焦点をあて、それらの調整を可能な限り自動化する 'Autonomous Stock Preparation' (自動化原質) の概念を提唱している。本稿では自動化原質を実現するためのいくつかの構成製品について紹介する。

(本文 4 ページ)

## 内添サイズ剤の最近の技術動向

荒川化学工業株式会社 研究開発本部 フォレストケミカル開発部  
入江俊輔

抄紙用内添薬品のうち、紙のサイジングを行うサイズ剤に焦点を当て、基礎から機構、効果的な使い方を概説する。主要なサイズ剤として、ロジン、AKD、ASA を挙げる。

ロジンサイズ剤は、パルプへの定着に硫酸バンドを必須とし、アルミニウムイオンの活性が高まる酸性領域にて最も効果がある。弱酸性～中性領域では、抄紙系への溶出を抑制できる疎水変性ロジンの比率バランスを取りながら製品設計を行い、ポリマー歩留剤を併用して定着と歩留率を向上させサイズ効果の底上げを図るなどの対応がとられている。

AKD サイズ剤は高 pH 領域での性能発現に特に優れる反応性サイズ剤である。サイズ効果立ち上がりの遅れが品質管理を煩雑にし、分解物による抄紙用具が汚れる等の操業課題がある。温度や pH 等の条件適正化、カチオンポリマー等助剤併用での改善が可能である。

ASA サイズ剤も AKD サイズ剤と同様反応性サイズ剤と考えられ、幅広い pH で効果発現するが、汚れ原因となる加水分解を起こし易い。少量の硫酸バンドやカチオンポリマー等の定着剤を活用して改善が見込める。

弊社では、操業課題やロジン急騰リスクを念頭に検討し、ロジンサイズ剤対比で弱酸性～中性領域での性能向上と操業課題改善の両立設計にて、新規サイズ剤 SPCA-956 を開発した。古紙原料由来のアルミニウムイオンのみでも良好なサイズ度発現を確認しており、ロジンサイズ剤と異なる特殊な親水性基が効率的にアルミニウムイオンを捕捉しパルプへの定着が向上したと推定している。より少ない硫酸バンド添加量で操業できる利点から第 4 の汎用サイズ剤としての展開を期待している。

(本文 7 ページ)

## ハイモウェットエンドシステムの機能と最新技術

一凝結剤・歩留剤・濾水剤活用による環境負荷軽減へのアプローチ

ハイモ株式会社 機能化学品開発グループ  
佐藤夏彦

製紙業界全体において環境負荷低減等の取り組みが進む中、弊社では凝結剤・歩留剤・濾水剤活用による環境負荷低減へのアプローチが益々重要になると考えている。その理由として凝結剤・歩留剤・濾水剤の役割を通じた機能を有効活用することで原料・薬品の有効利用、エネルギー削減、排水負荷低減等の環境負荷低減に貢献す

ることが挙げられる。本発表では、基本作用と役割・役割から得られる機能・最新技術を紹介する。

昨今では実際、凝結剤・歩留剤・濾水剤を活用する現場が増加している。具体的な理由として「白水清澄化の重要性の高まり」からである。白水清澄化による抄紙系内のクリーン化促進は、直近の抄紙環境と相まって操業性改善（欠陥発生低減・断紙防止・操業日数延長、他）、製品品質向上、そして排水負荷低減に繋がりメリットが大きい。

またハイモウエットエンドシステムの最新技術として「添加場所、添加方法、更には他薬品との組合せ」の最適化を図ることで機能面でより優れた効果を得られることを見出している。例えば内添薬品（染料・サイズ剤・紙力剤）の有効利用の目的であればその内添薬品が添加された後、出来るだけ近い場所（例：種箱等の調成工程）に凝結剤・歩留剤・濾水剤を添加するパターンが挙げられる。そして別例として現行使用薬品の増添対応では目的の機能が得られ難い場合、現行使用薬品とは異なるタイプ（例：電荷・分子量・構造等）を併用する2液アプローチ（組合せ）により優れた機能を得られることを見出している。

弊社では凝結剤・歩留剤・濾水剤を活用しハイモウエットエンドシステムの機能を最大限引き出すことにより操業性改善と環境負荷低減に貢献していく。

(本文 15 ページ)

## ピッチ問題解決のための基礎技術および最新技術動向

株式会社日新化学研究所 第一開発部  
石川雄健

近年の製紙業界では、古紙の品質低下による古紙由来ピッチの増加や、パルプ原料中の樹脂ピッチ増加によるピッチトラブルの増加が問題となっている。ピッチは工程各所で付着堆積し、欠点や断紙などの品質低下、操業性悪化を引き起こす要因となる。

ピッチ対策の1つとしてピッチコントロール剤を使用する方法があるが、ピッチコントロール剤は種類によって一長一短がある。弊社では各工程に応じた適切な薬剤を使用することで、工程全体のピッチ問題の解決に取り組んでおり、この手法をNISSIN-ピッチコントロールメソッド (NISSIN-PCM) と呼んでいる。

NISSIN-PCMの発展には、様々なピッチの挙動を知ることが必要である。従来のピッチ評価方法では、ピッチの全体量を測定するか、粗大なピッチの評価を行うことは出来たが、微細なコロイダルピッチの評価が不十分であった。また、フローサイトメトリーを用いた場合、白水やパルプスラリーにピッチ以外の成分が多く含まれるため、測定精度が高くなかった。

そこで蛍光顕微鏡を用いた画像解析によりピッチの可視化を行うことで、微細なコロイダルピッチの評価が可能となった。この方法を用い、パルプスラリーにピッチコントロール剤を添加すると、濾液に粗大なピッチの減少と微細なピッチの増加が見られた。これによりピッチコントロール剤がパルプ中の微細なコロイダルピッチを剥離させ、液中に分散させることが確認された。

今回の結果を従来のピッチ評価方法と組み合わせることにより、新たな評価方法やピッチコントロール剤の開発に繋がると考えられる。

(本文 21 ページ)

## 調成工程オンライン測定値と欠点情報の解析による 欠点・断紙原因の探索

株式会社メンテック 富士事業所 技術部 開発生産技術二課  
大高弘行、野間美沙

古紙を主原料とする板紙マシンにおいて、欠点・断紙は最大の課題であり、抄紙工程の汚れを制御して生産性を上げることは抄紙現場における重要な課題である。この課題に対して、当社はAIを用いた欠点画像自動分類システム SmartPapyrus<sup>®</sup> 1.0を開発した。SmartPapyrus<sup>®</sup> 1.0は各種欠点の発生頻度や、推移、発生場所、

欠点对策効果などを定量的に評価し、欠点对策の有効性や発生源の推定を行うことができるシステムである。さらに、現在当社では、SmartPapyrus<sup>®</sup> 1.0 の分類情報を活用し、より精度の高い欠点对策を行うために、原料状態をモニタリングし、そのモニタリング情報と欠点種の発生状況の相関解析を行っている。

本講演では、SmartPapyrus<sup>®</sup> 1.0 により分類された一部の欠点種の発生傾向と、白水 SS (Suspended Solid, 浮遊物質量 \_mg/L) の推移に相関がみられた事例を紹介する。また、断紙情報を含めて解析することで断紙発生と原料の ORP 値 (Oxidation-Reduction Potential\_ 酸化還元電位) の変動に関連性が見出された事例についても紹介する。

欠点分類情報と原料や操業データなどの解析を進めることで、欠点・断紙の発生原因を確度高く推定し、薬品添加の調整・切り替えなどの対策につなげることができるとともに、将来的には欠点・断紙の発生を予兆し未然に防止することも可能であると考えられる。

(本文 27 ページ)

## パワーコンビクリーナー 2.0 の洗浄効果 —エアベンチュリー自動洗浄システム搭載—

株式会社プロジェクト・ジャパン  
長谷川和生  
ProJet B.V. Director  
Claus Robberts

古紙再利用率の高まりに伴い、製品の欠点損紙や紙切れの防止、生産効率の向上に寄与する総合力の高いカンバス洗浄装置が求められている。カンバス洗浄装置に求められる機能は洗浄性能だけでなく、飛沫回収性能と安定稼働の両立である。

ProJet B.V. は創業以来、洗浄技術の革新を弛まず継続し、2021 年には洗浄性能と飛沫回収性能を極限まで高めるべく、クリーニングヘッドを数ミリまでカンバスに接近させて運用するキスタッチヘッドにエアベンチュリー機能を搭載した「パワーコンビクリーナー 2.0」をリリースした。更に、エアベンチュリー式クリーナー最大の弱点であるベンチュリー管の詰まりを防ぐ特許技術「エアベンチュリー自動洗浄システム」を標準装備している。「パワーコンビクリーナー 2.0」のキスタッチヘッドは既存のコンビクリーナーのヘッドと交換可能であり、「エアベンチュリー自動洗浄システム」は後付けが可能となっている。投資効果としては、ピッチ欠点に起因した損紙率の大幅な低下とカンバス通気度の良化に伴う乾燥効率の向上により蒸気原単位が改善された点が挙げられている他、薬品使用量の低減が期待されている。

本稿では、フルシステム導入だけでなく簡易にバージョンアップも可能な「パワーコンビクリーナー 2.0」及び「エアベンチュリー自動洗浄システム」の効果と特徴を紹介する。

(本文 32 ページ)

## プロジェクト社製カンバスクリーナー 「パワーコンビクリーナー 2.0」 操業体験

王子マテリア株式会社 佐賀工場  
千住修平

王子マテリア株式会社佐賀工場は 1, 4, 5 マシン計 3 台の抄紙機を所有している。現在では約 99% の原料が古紙であり、ライナー、中芯原紙等の段ボール原紙や特殊板紙などを製造する資源循環型工場として王子マテリアの一翼を担っている。

近年、紙面チリや異物に対するユーザー評価が厳しくなっている中、古紙由来のピッチ / 粘着物が増加している。ピッチ / 粘着物はマシン工程で抄紙用具に付着し紙切れや欠点増加の原因となっている。対策としてピッチ

コントロール剤の添加、スクリーンバスケットの狭小化など進めているが根本的な対策になっていない。特にライナー原紙に対するユーザー評価が厳しくなっておりピッチ欠点対策は急務な課題となっている。

対策としてカンバスピッチ汚れに着目し、高圧水カンバスクリナーの変更、追加することによりピッチ欠点削減、またカンバスを綺麗な状態を保つことで通気度を確保し蒸気使用量削減することが出来た。

(本文 37 ページ)

## 抄紙工程における安全対策と省人化に貢献する相川鉄工の技術

相川鉄工株式会社 設計部  
吉野剛史

日本国内の製造業就業者数は 2010 年代から約 1,050 万人で推移している。しかしながら少子高齢化の影響により若年就業者は減少傾向にあり、人手不足が長期間にわたって深刻化している。この問題は製紙業界にも同様に影響を及ぼしており、省人化を図るための機器の導入や自動化などの対策が行われてきた。

更に、製紙業界では作業員の安全を確保するために積極的な取り組みも行われている。安全意識を高めるための安全教育の充実、事故や怪我のリスクを最小限に抑えるために安全対策は年々向上している。

こうした状況の中で弊社でも安全に配慮し、省人化に貢献できる機器を設計・製造・販売している。その中から抄紙工程における安全対策と省人化の技術として、家庭紙マシンヤンキードライヤー用ドクターブレードの接触角度調整を自動で素早く安全に動かすことができる自動角度調整機能付きドクター装置、ヤンキードライヤー、多筒ドライヤーなどのロール表面や凹凸に入り込んだ汚れ等をクリーニングするサーフェスクリーナー、高圧水を使用し汚れたカンバスを洗浄し吸引回収する ACE クリーナーとブロウ吸引型スーパークリーナー、汚れたフェルトやワイヤーを高圧水で適切に洗浄する PF クリーナー、FF クリーナーを紹介する。

(本文 43 ページ)

## SmartPapyrus<sup>®</sup> を活用した生産性向上と技術伝承 — 欠点画像分類システムの最新動向と今後の展開 —

株式会社メンテック 富士事業所 開発生産技術一課  
下 貴行

近年、国内では古紙利用率の向上や原料の悪化でマシン汚れによるトラブルは増加する一方、段ボール工場からの原紙に対する品質要求は一段と厳しくなっており、継手率の低減は製造現場の大きな課題となっている。さらには、労働人口の減少、熟練者の退職により、製造現場ではマシン汚れに対するタイムリーかつ適切な対応がますます困難となりつつある。この課題への解決策の一つとして、当社は AI を用いた欠点画像の自動分類を現場の熟練オペレーターと同じ目線でもかつ高い精度で瞬時に行い、『いつ、どのような欠点が発生し、その欠点は原質工程またはマシンのどのパートで発生したのか?』をリアルタイムに分析・統計処理するシステム SmartPapyrus<sup>®</sup> 1.0 を開発した。本システムにより、マシンオペレーターが欠点の発生源別トレンドから対策を打ち、その対策の効果を定量的かつタイムリーに確認することが可能となった。

現在までに段ボール原紙マシン、とりわけライナーを中心に当社システムの導入が進み、欠点対策の効果の有効性を評価したり、クレーム対応のために特定の欠点を探すなど様々な活用事例が見られている。

一方で、白板抄造マシンでも同様の課題が発生しており、ニーズが高まっている。

白板紙は品質要求がライナーよりさらに厳しいため、1~2 mm 以下の微小欠点であっても欠点検出器 (Web Inspection System : WIS) で検出できるように感度を上げて操業しているが、微小欠点含めて多い時には 1 枠あたり 2,000 個以上の欠点が検出される上、ノイズも検出しやすくなってしまふ。結果として、現場で確認を行う作業員に大きな負荷がかかり、必要以上に損紙として処理することで歩留まりも低下する。

こうした課題の解決に対し、本報告では白板抄造マシン向けに SmartPapyrus<sup>®</sup> 1.0 をバージョンアップし実

機に導入した結果について紹介する。

(本文 48 ページ)

## ABB の DX ソリューション — 叩解・ウェットエンド制御のためのプロセスの見える化 —

ABB 株式会社 プロセスインダストリ事業部  
依田裕道

2050 年までのカーボンニュートラルな日本にするために、産業界全体への生産プロセスの改善・転換のプレッシャーが年々強くなっている。また日本、そして素材産業ならではの課題として、人口の減少、魅力的な IT 産業界への人材流出により、素材産業は優秀な労働力を確保することが難しい状況にある。一方で、「紙」は人に、そして環境に優しい最良の材料であり、近年の脱プラスチックの流れと新素材への期待から、今後多くの可能性を秘めた材料でもある。ABB は上記のようなお客様の課題に対し、複数のアプローチからなる包括的なソリューションを提供している。

本稿では「ABB の DX (Digital Transformation) ソリューション」と題し、紙パルプ業界に 100 年以上従事してきた ABB が提供している紙パルププロセスに適用される DX ソリューション全体概要を説明するとともに、プロセスのデジタル化のステップについて、叩解・ウェットエンド制御の最適化の事例を含めながら紹介する。

製造業における DX には、Industry4.0、Industrial Internet などが提唱されているが、プロセスのデジタル化の始まりは、いかに正確にプロセスを捉えることが出来るか、である。

今回は叩解におけるもっとも重要な因子で「濾水度 (フリーネス)」, そしてウェットエンドにおける「リテンション」の正確な計測を行い、APC (Advance Process Control) を適用することで、叩解におけるフリーネスばらつきを 70%抑制, エネルギー消費を 30%削減, グレード変更時の時間短縮を行うことが出来る。

プロセスのデジタル化は、単一のソリューションで実現するものではなく、お客様とサプライヤーが密に連携を取ることが成功のカギを握る。今回は事例として、叩解・ウェットエンド制御のプロセスの見える化を紹介し、どのようにプロセスを最適化するか、という道のりについても紹介する。

(本文 54 ページ)

### 製紙技術特集Ⅱ

- 1 これからの古紙原料に向けた再生処理技術……………榎原 慎
- 5 インライン繊維分析計 BTG SPM による操業最適化  
—最小限の設備投資でティッシュマシンの省エネを実現—  
……………James Litchwark, Klaus Kunschert, Sanjay Aggarwal, Grant Downham, 石原健一
- 11 ライナ抄紙機におけるインラインカラーセンサー導入……………中村諒治
- 15 調成からアプローチの基礎, 変遷と最新動向  
—ベール及びブロークパルパー, コニカルリファイナ, マシンスクリーンの紹介—……………岡 耕平
- 23 スクリーニング, クリーニング最新技術例……………神田 隆
- 27 自動認識技術を使った作業員の安全管理, 導線管理システムの紹介……………松枝 毅
- 30 「連携最適化ソリューション」のご紹介  
—制御性改善による省ロス・省力化の取り組み—……………和田健一郎
- 35 製造工程のデータを活用した排水処理の運転最適化システム……………福田知世

### 総説・資料

- 39 —ウェットエンドにおける断紙・欠点のお悩み解決!—  
マシン汚れ対策と搾水性改善による生産性向上を目的とした局所的ケミカルアプローチ  
……………國分宏幸
- 45 パルパーからウェットエンド, 白水回収までコンパクトなレイアウトをターン  
キーで提案できるシステム……………奥村順彦
- 51 「キュアサイド」と「リアライザー」による抄紙マシンの操業性と紙品質の向上—  
スライムコントロール剤と多機能凝結剤によるウェットエンドの最適化(その2)—  
……………大竹修平, 武末早織, 但木孝一
- 56 ハイモウェットエンドシステムのアプリケーションと機能  
—環境負荷軽減へのアプローチ—……………佐藤夏彦
- 62 アンドリッツの低グレードミックス古紙処理システム技術のご紹介……………花田知弘
- 67 製紙原料品質悪化に伴う原質システム改善……………後藤隆徳

### シリーズ:大学・ 官公庁研究機関の 研究室紹介(159)

- 72 愛媛大学 大学院農学研究科 生物環境学科 森林資源学コース 森林化学研究室

### 工場紹介(107)

- 75 王子マテリア株式会社 松本工場

- 03 会告
- 74 知財散歩道 (152)  
絵描きと生成 AI……………深澤 匠
- 79 パピルス  
新潟県長岡市……………佐藤重徳
- 80 内外業界ニュース
- 85 特許公報
- 93 全国パルプ材価格
- 94 統計
- 96 協会だより

## これからの古紙原料に向けた再生処理技術

相川鉄工株式会社 マーケティングエンジニア事業部  
榊原 慎

国内の古紙価格は過去4年間においては大きな変動を見せていないが、2001年と比較すると現在の古紙価格は約3倍となっている。価格が高騰する中、古紙利用率は緩やかに増加していることを考慮すると、低廉古紙の使用で従来と同等の品質及び処理量を維持する必要がある。増大する異物量への対応が難しい状況の中、従来のデトラッシュ装置における課題に対応した連続式デトラッシュシステム「S-PALシステム」について実績を踏まえ紹介する。

S-PALシステムはS-ANP型無閉塞ポンプ、S-PAL型デトラッシャー、ドラムスクリーンの3つで構成しており、連続運転に対応するために開発されている。導入により処理量増産への対応、従来と比較した稼働時間の短縮、作業員の負担軽減など性能に満足頂ける結果を得られた。

この画期的なシステムは日本のみならず、海外でも採用されており、難処理古紙における問題解決の力添えになると確信している。

(本文1ページ)

## インライン繊維分析計 BTG SPM による操業最適化

—最小限の設備投資でティッシュマシンの省エネを実現—

BTG カナダ Tissue Digitalization Leader  
James Litchwark  
BTG オーストラリア Tissue Segment Manager (Asia Pacific)  
Klaus Kunschert  
BTG インディア Tissue Segment Manager (SEA and S Asia)  
Sanjay Aggarwa  
BTG アメリカ Tissue Global Solutions Team Manager  
Grant Downham  
フォイトターボ株式会社 BTG 事業部 プロセスソリューションズ  
石原健一

エネルギーコストはティッシュ製造工場にとって常に重要な関心事であったが、近年、コストの上昇や変動、さらには地域によっては供給不足もあり、より深刻になっている。この焦点に加え、エネルギー消費を抑えることが、より環境的に持続可能なアプローチでもあるという認識により、生産者は望ましい量と品質でティッシュを生産し続けながら、エネルギー消費を最小限に抑える方法を模索するようになった。ティッシュマシンにおけるプロセスのばらつきは、しばしば材料とエネルギー使用の非効率につながり、ティッシュ製造工場は、最低要件を常に満たすために望ましい坪量と引張目標値よりも高い値で運転する必要がある。ばらつきを抑えるためにプロセスを安定化させることは、より広い運転枠を提供し、エネルギーと材料コストを最小化する機会を生み出す。私共は原料の濃度管理や叩解といった基本的なウェットエンドプロセスを監査することで、原料調成プロセスにおけるばらつきの小さな改善が、複数の下流プロセスに影響を与え、材料とエネルギーの節約にさまざまな効果を与えることを発見した。本稿では濃度管理や叩解プロセスの監査と共に新たにファイバー形態分析計 SPM 5500 を導入し、ティッシュ製造プロセス全体にわたって驚くほど大きな効率向上をもたらした3例を紹介し、これらがさらに高度なプロセス制御ソフトウェアや機械計装における最近の技術革新などの新しいテクノロジーを活用した最適化のための強力な基盤となることを紹介する。

(本文5ページ)

## ライナ抄紙機におけるインラインカラーセンサー導入

レンゴー株式会社 福井事業部 金津工場 製紙部 製紙課  
中村諒治

金津工場2号抄紙機は、2017年に中しん原紙専抄マシンから、ライナ原紙も生産可能な併抄マシンへ改造し、2019年には当工場をモデル工場と位置付けたIoTプロジェクトを発足した。それ以降、DX推進とIoT活用力を入れ、省エネや働き方改革につなげている。中でもライナ原紙抄造時の色調管理を、高精度で、より効率的に行うことを目的に、原料自体の色調を監視する新たなセンサーを設置し、測定したデータを活用した制御システムを導入したことは、大きな成果をもたらした。この取組みにより、これまで紙表面の色調が管理基準値内に収まらず、度々不良品が発生していたが、導入後は、要因となっていた色調変動が抑えられ、不良品の発生量を大幅に削減できている。さらに、オペレーターの業務負担も軽減され、省力化を実現できた。

今後も先進技術を駆使し、これまで解決が難しかった問題をクリアすることで、生産性向上と省力化に貢献する取組みを積極的に展開していく。

(本文 11 ページ)

## 調成からアプローチの基礎、変遷と最新動向

ーベール及びブロークパルパー、コニカルリファイナ、マシンスクリーンの紹介ー

バルメット株式会社 製紙技術部  
岡 耕平

抄紙機に原料を送るアプローチシステムまたそれらを含む調成工程は、製品の品質を左右する非常に重要なプロセスである。アプローチシステム機器も時代に応じて変遷してきており、本稿では機器コンセプトの基本、変遷等、またバルメット社が適用している各機器について説明を行う。バルメット社は、この分野でも紙パルプ業界で世界的なリーダーでもあり紙料調成とアプローチシステムを改善するためのあらゆる機器とサービスを備えている。

調成工程、アプローチ機器とはスラリーパルプまたはパルプの離解から抄紙機に送り出すための工程となり、特にパルパー、リファイナ、スクリーンを中心に解説する。主原料であるパルプはスラリーパルプとシートパルプに大きく分かれるが、離解しただけのパルプを紙にすると、繊維間結合が少ないため、紙質強度が弱く使用目的に合った紙にならない場合がある。そこでパルプは適当な叩解と呼ばれる処理をリファイナによって行い、繊維をフィブリル化したり、短く切ることによって使用目的に合った紙を抄くことができるようになる。本稿では新しく開発されたコニカルリファイナーの紹介も行う。

(本文 15 ページ)

## スクリーニング、クリーニング最新技術

アンドリッツ株式会社 サービス営業第一部  
神田 隆

パルプ工程における異物除去において、スクリーニング、クリーニングは重要な働きをしているが、最近では古紙の品質悪化やエネルギーの高騰のあおりを受け、効率的な異物除去は当然としてその他消耗部品の長寿命化や省エネなども同時に求められる。アンドリッツはその歴史において、スクリーニング、クリーニングの分野でも、多数のユニークな製品開発をしており、求められる様々な要求へ対応している。スクリーニングでは、ワイヤに捻りを加えることで、山高さを必要に応じて可変出来る UTWist を開発した。スクリーンバスケットの山高さはスクリーンでの除塵効率や生産量に大きな影響を与えるが、アンドリッツが独自に開発したツイストを持

ツワイヤは、1台のバスケットで高さ方向に山高さを自在に変えることが出来る。目的により最適な山高さを配置することで、処理能力と除塵効率の両方の課題を同時に解決でき、スクリーンの潜在能力を最大限に引き出すことを可能とする。MIVC クリーナーは、クリーナー下部より希釈水を注入する希釈水ユニットで中央のボルトテックスの流れを阻害することなく、従来に比べ少量の希釈水で濃縮を抑え、繊維流出を最小限とすることが出来る。このことにより詰まりのない安定したクリーナーの操業、従来よりも濃い入口濃度での運転による生産量の増加、繊維流出の抑制による歩留の向上などの効果が見込まれる。

(本文 23 ページ)

## 自動認識技術を使った作業員の安全管理，導線管理システムの紹介

TOPPAN デジタル株式会社 事業推進センター NAVINECT 本部 販売促進部  
松枝 毅

流通・物流業における 2024 年問題が 4 月より施行され、その内容が、製造業にも影響されはじめている。ドライバーの残業時間が制限されることによる、倉庫内積載作業の効率化、運送費高騰による製造コストの見直し、倉庫内の導線効率化の見直しなど、システム化も含めての検討が増えている状況である。製造 DX 化を視野にいたアナログからの脱却のための施策として、RFID などの、自動認識技術が注目されている。当セミナーでは製造業における DX 化にむけての自動認識技術を紹介します、貴社のシステム構築の手助けになれば幸いです。

(本文 27 ページ)

## 「連携最適化ソリューション」のご紹介

— 制御性改善による省ロス・省力化の取り組み —

横河電機株式会社 横河プロダクト本部 P&W ソリューション統括部  
和田健一郎

紙パルプの製造工程は複数の連続するプロセスで構成された複雑なプラントであり、非常に多くの制御ループが存在する。このようなプラント全体の改善を行うには、膨大なデータを把握した上で、課題と原因を特定し、プロセス間の干渉も考慮して最適化を行う必要がある。そのような取り組みを進めるため、当社では「連携最適化ソリューション」サービスを提供している。本サービスによる主な改善効果は次の通りである。

- ・ 銘柄変更のロス時間を削減する（増産効果、原料・蒸気削減）
- ・ プロセス変動を抑制して品質を改善する（原料・蒸気削減、返品削減）
- ・ 自動制御の範囲拡大と使用率向上（省力化・省人化、オペレーション標準化）

生産現場において、現状のオペレーションが当たり前となっている状況では、問題を認識することがそもそも困難な場合がある（隠れている改善テーマ）。また問題認識があったとしても、改善効果を定量的に示すことが難しく、改善に必要な投資判断ができない場合もある。

本サービスではまず課題の存在を明らかにすること、次にそれが改善可能であることを示すこと、そしてその改善効果を定量的に見積もることを、専門の制御エンジニアが包括的に実施する。本稿ではそのアプローチ方法と、取り組み事例の詳細を報告する。

事例：

- ① 調成・抄紙連携 銘柄変更制御の導入  
⇒ 銘柄変更の所要時間 20%以上削減、自動化範囲の拡大、オペレーション個人差の改善
- ② 調成工程・抄紙工程の相互干渉による変動の改善  
⇒ 銘柄変更の坪量収束時間を 50%以上短縮

(本文 30 ページ)

## 製造工程のデータを活用した排水処理の運転最適化システム

栗田工業株式会社イノベーション本部 イノベーション技術開発部門 ソリューション開拓部  
福田知世

近年、製紙業界では原料や操業条件が著しく変化しており、製品品質を安定的に維持するために様々な取り組みが行われている。このような取り組みはマシン水質に大きな影響を与え、マシン水質の変化によって、予想しないトラブルに繋がることがある。

例えば、排水処理において、処理水質を安定化させるためにはこれらの変化を迅速に把握して適切に対応する必要があるが、連続的な変化の中で常に最適な処理を行うことは困難である。

当社は、製紙工場で多量に使用される「水」に関する豊富な知見と、製造工程から排水工程を含めた操業に関するソリューションを活用して、排水処理の運転最適化システムを構築した。このシステムは、排水処理で発生する課題を予測し、常に最適な運転を行うことで、操業条件が変化する状況の中でも常に安定した排水処理を行うことが可能となった。

本報では、排水処理最適化システムを構築する上で重要な当社の技術を3点紹介する。まず、操業データを見える化するS.sensing<sup>®</sup>システムについて述べる。S.sensing<sup>®</sup>システムによって、工場全体の水質データを連続的に監視し、重要指標の影響因子を見える化した。次に、見える化したデータを活用した予測分析手法について紹介する。予測分析によって、将来起こり得る排水水質の変化を高い精度で自動予測することが出来た。また、当社の予測分析手法は、予測分析結果に対して重要な影響因子の擬似評価を行い、この結果から最適な運転条件を選択できる。最後に、予測分析結果に基づいた課題解決策として、当社の幅広いソリューションと適用事例について紹介する。

(本文 35 ページ)

## 一ウェットエンドにおける断紙・欠点のお悩み解決！ マシン汚れ対策と搾水性改善による生産性向上を目的とした 局所的ケミカルアプローチ

株式会社日新化学研究所 東北研究所  
國分宏幸

製紙工程ウェットエンドに付着するデポジットは、断紙・欠点の発生に伴う操業トラブルを引き起こし、紙・板紙の生産性悪化あるいは紙製品の品質低下によって、多大な損失に繋がる原因となる。近年の製紙業界では、情報デジタル化の進行によって古紙発生量が減少しており、とりわけ古紙品質の低下によるピッチ問題の増加が問題として大きく取り上げられるようになっている。またウェットエンド白水のクローズド化や紙製品の高灰分化によって系内の灰分濃度が上昇し、ワイヤーパート、プレスパートの用具および脱水機器での目詰まりが問題となっている。

弊社ではこういったデポジット問題を解決するために、これまで原質工程においてデポジットの原因となる成分を系外に排出する事が最も重要であるという考え方のNISSIN-Pitch Control Methodを提唱してきた。NISSIN-Pitch Control Methodは、原質工程から抄紙工程までの紙パルプ製造工程全体を包括するピッチ対策プログラムであり、抄紙工程における局所的な汚れ対策方法を含み、弊社は長年に渡ってウェットエンドにおけるデポジット対策方法について研究開発に取り組んできた。

本稿では、ウェットエンド、とりわけワイヤーパート、プレスパートにおいて引き起こされる断紙・欠点などのデポジット問題に対する局所的な対策方法について、原因調査から問題解決に至るまでの、そのいくつかを例を挙げて紹介する。

(本文 39 ページ)

## パルパーからウェットエンド、白水回収までコンパクトなレイアウトをターンキーで提案できるシステム

相川鉄工株式会社 技術本部  
奥村順彦

新型コロナウイルス感染が国内で初めて確認されてから3年が経過、徐々にかつての日常を取り戻しつつある一方で、コロナ禍による人々の生活様式や働き方の変化、円安にも後押しされて回復基調を見せるインバウンド需要など、紙パルプ業界も少なからずその追い風を受けきている。

様々な環境が急激に変化する中ではあるが、大規模な設備計画が減少してきている近年において、各製紙工場においては設計フェーズにおけるエンジニアの人員及び経験が不足気味である上、工事完了後の操業フェーズにおけるオペレータ人員の不足や労働環境・安全管理への配慮など、従来と比較して計画遂行が困難となっている状況が散見される。

一方で弊社では長年に渡って原質機器提供してきた中、国内外の様々な製紙工場及びその原料処理システムに接してきたバックグラウンドを有しており、これら弊社に蓄積された知見は、これまでに採用された弊社製品とともに培われたものであり、このような時代背景をふまえて各製紙工場向けに貢献していけるのではないかと考えに至った。

複数のティッシュマシン新設プロジェクトに携わる機会を通じて、弊社の主力製品である原質機器のみに留まらず、これまで培ってきた原料処理のノウハウを注ぎ込みシステム設計からプラント工事、試運転に至る一貫サービスの提供をふまえて、パルパーからウェットエンド、白水回収まで含めたコンパクトなシステム及びレイアウト設計、及びそれらのターンキーサービス提供について紹介する。

(本文 45 ページ)

## 「キュアサイド」と「リアライザー」による抄紙マシンの操業性と紙品質の向上

— スライムコントロール剤と多機能凝結剤によるウェットエンドの最適化 (その2) —

ソマール株式会社 技術本部 技術開発部  
大竹修平, 武末早織, 但木孝一

パルプや古紙の原料面での品質低下や抄紙マシンのクローズド化により、抄造条件は厳しさを増し、抄き込み欠陥や断紙トラブルが増加傾向にある。弊社では欠陥や抄紙マシン用具等について、各種分析及びトラブル原因調査に対応している。また、それらの課題解決に向けた製品である酸化型スライムコントロール剤「キュアサイドシリーズ」と多機能凝結剤「リアライザー A シリーズ」を展開している。今回は、「キュアサイドシリーズ」にて採用している先端混合技術による低食塩型次亜塩素酸ナトリウムを用いた系内の清澄化と、「リアライザー A1800」による内添薬剤添加量の削減から成る操業性の向上を報告する。

「キュアサイドシリーズ」は、通常の無機酸化型スライムコントロール剤が持つ無機殺菌成分に加え、有機殺菌成分も併せ持つタイプのスライムコントロール剤である。これに、先端混合技術と ORP 自動制御技術を掛け合わせ、最大限の殺菌効果を発揮する。

「リアライザー A シリーズ」は、紙面欠陥対策に有効な多機能凝結剤である。ピッチ成分や内添薬剤をパルプ繊維へ定着させることにより、系外へ排出する効果がある。特に、「リアライザー A1800」には、リアクティブポリマーテクノロジーが導入されており、凝結剤としての効果が更に向上した薬剤である。

抄紙マシンの操業性向上への課題として、紙欠陥や断紙、各内添薬剤の添加量増加に伴う定着性の悪化が挙げられる。強力な殺菌力を持つ「キュアサイドシリーズ」と、各内添薬剤の定着性向上に特化した「リアライザー A シリーズ」を最適な処方で使用することで、これらの課題解決に繋がると考えられる。

(本文 51 ページ)

## ハイモウェットエンドシステムのアプリケーションと機能 —環境負荷軽減へのアプローチ—

ハイモ株式会社 機能化学品開発グループ  
佐藤夏彦

近年では企業経営を行っていく上で SDGs を熟慮し、そして取り組むことは非常に重要である。弊社では環境保全・省エネ化に役立つ製品の開発・改良に尽力している。製紙工程用薬品の中で凝結剤・歩留剤・濾水剤はその役割を通して様々な機能があり環境負荷軽減・SDGs に貢献する薬品である。

環境負荷軽減に貢献する具体的な機能としては排水負荷軽減・省エネルギー化・原料及び他の内添薬品の有効活用・操業性改善・紙の品質向上等が挙げられる。そしてその機能を引き出すための最適な薬品選定は最も重要であるがその際に「添加場所、添加方法、他薬品との組合せ」といったアプリケーションの最適化を図ることで更に機能面で優れた効果を得ることを今なお見出している（ハイモウェットエンドシステム）。それらのアプリケーションも踏まえた上で実際の製紙現場にて得られている機能と環境負荷軽減事例を紹介する。

その他新しい濾水システムを開発した（組み合わせ処方）。このシステムは高分子量独自アニオン薬品（FA-、RV-）の次に特殊カチオン薬品を添加する処方である。紙料状態にもよるがカチオン薬品の次にアニオン薬品を添加した場合と比較して本システムを使用することにより高い水切れ効果とプレス後含水率低減効果を得ることが出来る。本システムを活用することで実際に製紙現場にて蒸気量を減少させる結果を得られた。

弊社ではウェットエンドシステムのアプリケーションを有効活用することで機能面を活かし環境負荷軽減及びエネルギー削減に貢献することを目指している。

(本文 56 ページ)

## アンドリッツの低グレードミックス古紙処理システム技術のご紹介

アンドリッツ株式会社 技術営業グループ 技術営業第3部  
花田知弘

日本の紙パルプ製造各社は世界でもトップクラスの回収率を誇る古紙を最大限利用しており、これは社会が求めるサステナビリティの実現に貢献するものであるのは明白だ。しかしその一方で紙パルプ製造各社は当然のことながら収益を生み出さなければならず、その鍵は製造原価低減にあると言える。その方法の一つとして、現在使用している古紙からの下級グレード古紙への移行があり、これは上手く移行できれば紙パルプ製造各社の国際競争力の維持のみならず向上にも寄与すると共に、ゴミを減らす意味においても時代が求める循環型社会の形成にも貢献するものである。

昨年創立 170 年を迎えた ANDRITZ は、会社の一つの使命として、製紙原料の原質・調成設備の製造・開発を長年続けてきている。現状使用されている古紙より低グレードな古紙でも製品の品質を落とすことなく紙パルプ製造各社が生産活動を行える設備を提案すべく、本稿では海外で採用された当社の「大型古紙処理設備を使用した超下級ミックス古紙処理ライン」および大型設備の設置スペース確保が困難な日本国内向けの「中型古紙処理設備を使用した下級ミックス古紙処理ライン」、そして製紙・加工仕上げ会社から発生した循環損紙を従来から約 2 割の省エネを実現し再原料とする、昨年紙パルプ技術協会より『第 50 回佐々木賞』受賞した「FibreSolve パルパー」について紹介する。紙パルプ製造会社各社が今後構造改革を検討される際の検討材料となれば幸いである。

(本文 62 ページ)

## 製紙原料品質悪化に伴う原質システム改善

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（古紙）事情はさらに悪化し、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、ますます異物処理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や各製紙機器の早期損耗を招いている報告が多くされるようになってきている。

効率の良い異物除去処理として早期選別・除去することが望ましい。

本稿では、パルピングから粗選テール系・精選スクリーンまでの原質工程に焦点を当て、異物の早期系外排出に大きく寄与する最新システムの一部を紹介する。ツインパルプシステムは、インテンサパルパや、デトラッシングシステムとして安定した異物の選別が可能なインテンサマックス、繊維ロスを最小限に抑えて異物を排出するスクリーンドラムで構成されている。クリーナのプロテクタシステムでは、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。粗選テール系のコンビソーターでは、プラスチック系異物を極力微細化させずに系外へ排出することが可能となる。また、精選スクリーンのタンデム化を採用することにより粘着異物除去に対して非常に効果的に作用し、低級古紙を使用した場合でも、高品質の完成原料を得ることができるシステムとなっている。

今後の古紙事情の変動に対応するためにも、これらの特徴を考慮したより柔軟に操業を調整できる機能を有するシステムが重要になると思われる。

(本文 67 ページ)

## 研究発表会・特許特集

	1	第91回紙パルプ研究発表会開催報告……………紙パルプ技術協会 木材科学委員会
	10	宇宙での木材利用—宇宙空間が木材に与える影響……………村田功二
	14	リグノセルロース資源を活用する先制的ライフサイクル思考……………菊池康紀
	18	筆記したボールペンインキを一定時間内消去可能な機能紙の開発 ……………内村浩美, 井村文太, 藪谷智規
	20	CNFシートを用いたポリカーボネート樹脂の補強……………古賀泰雅, 伏見速雄
	23	マイクロフィブリルセルロースの用途開発 ……………船津 啓, 杉村裕介, 中谷丈史, 金野晴男
	27	2023年度特許セミナー 開催概要報告
	28	企業における知財戦略のあり方 —コーポレートガバナンスコード・経済安全保障などのトレンドに即して—……………鮫島正洋
総説・資料	36	機能性バイオマス素材を配合した高濃度乾燥紙力増強剤の開発……………神原隆介
	41	製紙プロセス改善のための新規ポリアクリルアミド共重合体の開発……………山戸海里
研究報文	45	接触角測定から求めたセルロースナノファイバーの表面自由エネルギー評価の精度検証……………八木田兼仁, 齋藤継之, 藤澤秀次
	03	会告
	60	パピルス 最近の注目特許
	64	内外業界ニュース
	68	特許公報
	76	全国パルプ材価格
	77	統計
	79	協会だより

## 宇宙での木材利用—宇宙空間が木材に与える影響

京都大学 大学院農学研究科  
村田功二

京都大学では、2017年から土井隆雄特定教授を中心に宇宙木材研究が進められている。この研究は、宇宙での恒久的な社会形成を目指す有人宇宙学の一環であり、宇宙での資材調達の問題を解決するため、木材の利用を検討している。木材は環境面や精神面での恩恵が大きく、宇宙での樹木育成が可能ならば、恒久的な社会形成に貢献できると考えられている。研究では、低圧環境や微小重力環境での樹木の成長や、真空環境での木材の物性変化を調査している。2022年には国際宇宙ステーションで木材の宇宙曝露試験を実施した。さらに、住友林業と共同で木造人工衛星「LignoSat」の開発も進められており、2024年10月に打ち上げの予定である。

LignoSatは、アルミニウムやチタンの代わりに木材を使用する人工衛星で、軽くて強い特性を持つ木材の利点を活かしている。木材は真空環境での生物劣化や可燃性の問題がなく、人工衛星の材料として適している。地球低軌道では、役目を終えた人工衛星が大気圏に再突入する際に木材が燃焼し、エアロゾルになりにくいという利点もある。LignoSatの設計では、九州工業大学のサポートを受け、実績のあるBIRDS衛星のシステムをベースにしている。ミッションには、木造構体内部のひずみ測定、温度センサーによる多点温度計測、地磁気センサーによる地磁気測定、単一周波数の双方向通信、ソフトエラー（SEU）観測が含まれる。これらのミッションのいくつかは電子回路の開発が必要であり、特にひずみ測定には専用回路の設計と電子基板の作製が求められた。木材は再生産可能な循環型資源であり、軽くて強く、歴史的にも飛行体の材料として有用である。今回の活動を通じて、木質業界でも宇宙開発という新しい分野に注目が集まることが期待されている。

(本文 10 ページ)

## リグノセルロース資源を活用する先制的ライフサイクル思考

東京大学 未来ビジョン研究センター  
菊池康紀

植物資源は化石資源の代替資源として不可欠な資源となりうる。リグノセルロース資源はその中でも草本系・木質系として多様な形態で得ることができるものである。地域別に異なる植物資源を組み合わせることで、化石資源を削減するために必要な原料を得られる可能性がある。このような可能性をもつリグノセルロース資源については、各種変換技術が研究・実証段階から実用化へ開発が進められている中、適切なライフサイクル思考による評価が不可欠である。本稿では、リグノセルロース資源の活用に関して必要となるライフサイクル思考の要件を議論する。将来の資源・エネルギー構造を先制的に解析しながらシナリオを計画し、リグノセルロース資源のライフサイクルおよびマテリアルフローを把握しなければならない。特に、製紙工場はリグノセルロース資源をマテリアル、ケミカル、エネルギーとして利用してきたプロセスシステムを有しており、地域の再生可能資源を集約するハブとして今後の価値の増加が期待される。

(本文 14 ページ)

## 筆記したボールペンインキを一定時間内消去可能な機能紙の開発

愛媛大学 紙産業イノベーションセンター、大学院農学研究科  
内村浩美、井村文太、藪谷智規

近年の急速なデジタル化により、記録・伝達処理も紙媒体から電子機器に移行している。しかしながら、現在でも契約書や履歴書などの公式文書では紙媒体が多く使用されている。公式文書など重要文書では、筆記の際、主にボールペンが用いられるが、ボールペンで一旦記述した文字は、修正したい時に消しゴムで消去することができない。ボールペンの消去法はいくつか存在するが、いずれも常時消去できることから公式文書には適用できない。

そこで筆者らの研究により、ボールペンで筆記したインキ（文字）を一定時間内は消しゴムで消去でき、所定時間経過後は消去できなくなるタイマー機能を有する機能紙を開発することができた。

（本文 18 ページ）

## CNF シートを用いたポリカーボネート樹脂の補強

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  
古賀泰雅，伏見速雄

昨今、持続可能な社会の実現に向けて木質資源活用の機運が高まっている。中でも、セルロースナノファイバー（CNF）はその優れた特性から特に注目されている。CNF はゴム材料や熱可塑性樹脂材料との複合化による利用が検討されているが、一部の材料との混合では元来の物性が低下することがある。例えば、透明性と耐衝撃性に優れたポリカーボネート樹脂（PC 樹脂）との熔融混練では、PC 樹脂の光学特性が失われることがある。これは、熔融混練時に生じる CNF の熱劣化や分散不良が原因である。

王子ホールディングスでは、リン酸化 CNF を用いた高透明 CNF シートの製造技術を確立しており、このシートは機械物性や寸法安定性にも優れている。我々は CNF シートを PC 樹脂に積層することで、PC 樹脂の光学特性を維持しつつ、機械物性に優れた複合材（CNF-PC 複合材）を成型できることを見出した。

本報では、CNF シートや PC 樹脂の厚みを変えて複数種類の CNF-PC 複合材を作成し、各種物性を測定した。光学物性に関しては、全ての CNF-PC 複合材が全光線透過率 80% 以上、ヘーズ値 2.0% 以下であり、PC 樹脂の高い透明性を維持した。さらに、機械物性に関しては通常の PC 樹脂に比べて高い物性を示し、CNF シートの厚みが大きいほど補強効果が顕著であった。この結果は、薄い PC 樹脂でも CNF シートで補強することで剛性を担保でき、PC 樹脂製部材の軽量化に寄与する可能性を示している。また、CNF-PC 複合材の熱曲げ加工を実施したところ、様々な曲率半径で賦形可能であることが分かった。これにより、曲率形状に賦形された部材への CNF-PC 複合材の適用可能性が示唆された。CNF-PC 複合材は、持続可能な素材の利用と既存樹脂製部材の軽量化を両立する可能性を秘めている。

（本文 20 ページ）

## マイクロフィブリルセルロースの用途開発

日本製紙株式会社 研究開発本部 富士革新素材研究所  
船津 啓，杉村裕介，中谷丈史，金野晴男

近年ではカーボンニュートラルな素材への注目が高まっており、その一つとして木質由来のバイオマス原料であるセルロースが挙げられる。セルロースはこれまでも紙やパルプの原料として活用されてきたが、新たな展開先のひとつとしてセルロースナノファイバー（CNF）が期待されている。CNF は食品や化粧品、複合化樹脂など、様々な用途での活用が進んできた一方で、特殊な製造設備が必要であること、製造箇所が限られること、低濃度の水分散体として得られるため輸送コストが高いこと、といった課題がある。そこで CNF よりは粗い繊維ではあるが、使用現場にて汎用・簡易な設備で製造できるマイクロフィブリルセルロース（MFC）の開発に取り組んだ。

当社では MFC を使用現場に設置可能なノズル型・ディスク型製造装置に加え、汎用的な装置である高圧洗浄機でも製造できることを見出している。得られた MFC の利用用途として①地面に撒くことによる雑草抑制効果②凍結防止剤への液だれ防止機能の付与③ゴムへの添加による強度向上に関する検討を行い、効果を明らかにした。本稿では、これらの MFC の製造方法と用途開発事例について紹介する。

今後もカーボンニュートラルな素材である MFC を有効利用できる事例を増やし、持続可能な社会へ貢献していきたい。

（本文 23 ページ）

## 企業における知財戦略のあり方

—コーポレートガバナンスコード・経済安全保障などのトレンドに即して—

弁護士法人 内田・鯨島法律事務所  
鯨島正洋

紙パルプ技術協会 2023 年度特許セミナー（2024 年 2 月 29 日開催）講演内容。

（本文 28 ページ）

## 機能性バイオマス素材を配合した高濃度乾燥紙力増強剤の開発

荒川化学工業株式会社 研究開発本部 水系ポリマー開発部  
神原隆介

紙はリサイクル可能な素材であるが、リサイクルを繰り返すと強度が低下する傾向にある。そのため、紙の強度低下を補強する薬品として乾燥紙力増強剤が広く使用されている。当社では乾燥紙力増強剤（ポリストロンシリーズ）として主にカチオン性基とアニオン性基を有する両性ポリアクリルアミド（両性 PAM）系紙力増強剤を製造、販売している。

近年、持続可能な社会の実現に向けてバイオマス素材の活用、ライフサイクルでの CO<sub>2</sub> の削減に注目が集まっている。ポリストロン（以下 PS-と表記）製品の多くは濃度 15%～20%の水溶液の設計となっており、高濃度化によって輸送頻度を削減することが出来れば輸送燃料由来の CO<sub>2</sub> が削減可能であると考え、高濃度化の検討を実施した。製品粘度を変えずに高濃度化した場合、ポリマーサイズが小さくなるためパルプ凝集性が低下する問題があった。検討の結果、両性 PAM に特定のバイオマス素材を配合することでその問題が解決されることを見出し、従来品対比で製品濃度を高め、かつ性能を維持した PS-4000、PS-4100 を開発することに成功した。各製品の CO<sub>2</sub> 排出量を試算した結果より、PS-4000、PS-4100 は従来品対比でライフサイクルでの CO<sub>2</sub> が低減すると見込まれる。本稿では PS-4000、PS-4100 について紹介する。

（本文 36 ページ）

## 製紙プロセス改善のための新規ポリアクリルアミド共重合体の開発

星光 PMC 株式会社 製紙用薬品事業部 技術統括部  
山戸海里

今日では高い古紙再利用率によって古紙パルプの微細化や強度低下がもたらされている。また古紙原料由来の填料や澱粉などが抄紙系内に蓄積され、抄紙工程において様々なトラブルの原因となっている。さらに近年の「脱炭素・CO<sub>2</sub>削減」ニーズの高まりによって、紙製造時のエネルギー削減も課題となっている。

このような背景から当社は内添薬品や微細繊維、填料などの歩留り向上や系内の清澄化、搾水性向上による蒸気原単位削減の可能な新規抄紙工程改善剤 PM シリーズを開発、上市した。

抄紙工程改善剤 PM シリーズは PAM 系紙力増強剤と比較して、カチオン性基を増量、過度な凝集を起こさないイオンバランス・分子量の調整がされている。PM シリーズの適用によって硫酸バンド使用量削減、サイズ剤など各種内添薬品の定着向上、微細繊維、古紙由来の灰分歩留りを向上することが可能となる。

実機においても紙質を維持しながらバンドや各種内添薬品の原単位低下、系内の清澄化、抄速の向上や乾燥負荷の低減が確認された。

（本文 41 ページ）

## 研究報文

## 接触角測定から求めたセルロースナノファイバーの 表面自由エネルギー評価の精度検証

東京大学大学院 農学生命科学研究科 生物材料科学専攻  
八木田兼仁, 齋藤継之, 藤澤秀次

表面自由エネルギー (SFE) の正確な測定は、材料の界面特性を決定するために不可欠である。既報では、逆相ガスクロマトグラフィー (IGC) を用いることで、木材由来のナノ材料であるセルロースナノファイバー (CNF) の SFE を精密に決定することに成功した。さらに、得られた SFE を用いて、CNF のエマルジョン中の水 / 油界面における吸着特性を理論的に予想したところ、予想された CNF の乳化能は、実際の乳化挙動と一致していた。しかし、IGC は測定時間が長く、分析が煩雑であるという欠点があり、代替手法が求められている。SFE の測定には様々な方法が提案されているが、なかでも接触角測定は、測定と解析の両方における簡便さを特徴としている。本研究では、接触角測定により CNF の SFE を評価し、その精度を検証することで、接触角測定による IGC の代替可能性を検討した。表面にカルボキシ基を導入した CNF に対し、異なる対イオン (ナトリウムおよびテトラブチルアンモニウムイオン) を導入し、表面構造の異なる 2 種類の CNF を調製した。これらから調製した CNF フィルムに対し、3 種類の溶媒を用いて接触角測定を行い、その結果から CNF の SFE を決定した。結果として、ナトリウムからテトラブチルアンモニウムへのイオン交換により、SFE の電子供与性成分の大幅な減少が観察された。この結果は、IGC による測定結果および実物性から予想される変化と矛盾していた。この原因は、プローブ溶媒に対する CNF フィルムの膨潤であると考えられる。一連の実験によって、接触角測定を用いた CNF の正確な SFE 測定は困難であると結論付けられた。

(本文 45 ページ)

### 環境特集

- 1 第31回環境セミナー報告……………紙パルプ技術委員会 環境技術委員会
- 3 最近の生物多様性保全に関する動向……………原田隆行
- 8 グリーン購入法対応のコピー用紙及び印刷用紙のCFP算定ルール……………河崎雅行
- 14 日本企業のCDP水セキュリティ取組事例……………吉田広人, 堅田恭輔, 佐藤 怜
- 20 工場・事業場の騒音対策の流れ……………平田武士
- 24 国内のCO<sub>2</sub>地中貯留技術開発と社会実装に向けての取り組み……………薛 自求
- 28 成長志向型カーボンプライシング構想について……………内田美玖
- 34 ボイラー灰の処理及び再資源化した環境配慮型資材の特徴  
—土木資材の人工石の特徴—……………奴留湯誉幸, 福岡大造, 工藤慶太
- 41 森林コンサルティングサービス「診ま森」  
—リモートセンシングによる森林情報分析とデータ利活用—……………真砂陽太郎
- 47 クボタ液中膜を用いた膜分離活性汚泥処理のご紹介  
—紙・パルプ工場への液中膜適用による課題解決について—……………林田英麗
- 53 好気性発酵乾燥方式による可燃ごみの再資源化……………見澤直人, 斎藤泰章

### 総説・資料

- 57 第2回国際リグニンシンポジウム参加報告……………横山朝哉, 秋山拓也, 小松聡浩,  
梅澤俊明, 飛松裕基, 浦木康光, 梶田真也, 光田展隆, 宮藤久士
- 62 第64回全国紙パルプ安全衛生大会の開催について……………渡邊浩平

### シリーズ:大学・ 官公庁研究機関の 研究室紹介(160)

- 68 高知大学 農林海洋科学部 農林資源科学科 フィールド科学コース  
環境保全分野 森林資源材料学研究室

### 技術報文

- 72 難漂白性広葉樹材クラフトパルプのECF漂白における二酸化塩素消費量の削減  
……………中川明子, エステイ オクティアナ サリ, 大井 洋, 駱 可, 並木康佑, 辻 妹井子

03 会告

67 知財散歩道 (153)

アニメ【推しの子】と、著作者人格権と同一性保持権……………藤本好信

70 Coffee break

「正倉院」の管理責任者だった森鷗外……………辻本直彦

82 パピルス

免疫について……………藤城 圭

86 内外業界ニュース

90 特許公報

99 全国パルプ材価格

100 統計

102 協会だより

## 最近の生物多様性保全に関する動向

日本製紙連合会 常務理事  
原田隆行

製紙産業は、地球上の生物多様性の揺籃地であり、CO<sub>2</sub>の吸収源として地球温暖化防止にも大きく貢献している「森林」から、再生可能でカーボンニュートラルな「木材」という生態系サービスの恩恵を受けて、「紙」という人間生活にとって不可欠な物資を供給する産業である。

よって、製紙産業のこれらの企業活動において、生物多様性の保全に最大限の配慮を行うことは、製紙産業にとって当然の社会的義務であるとともに、その産業競争力の源泉でもある。

このため、生物多様性の保全が製紙産業にとって極めて重要であることを深く認識し、ここに日本製紙連合会は「生物多様性保全に関する日本製紙連合会行動指針」を策定し、会員企業の、生物多様性条約（Convention on Biological Diversity (CBD)）において定められている生態系レベル、種レベル及び遺伝子レベルにおける、生物多様性配慮の指針とする。

(本文3ページ)

## グリーン購入法対応のコピー用紙及び印刷用紙の CFP 算定ルール

日本製紙連合会 技術環境部  
河崎雅行

2050年カーボンニュートラル社会構築に向け、脱炭素・低炭素製品が選択される市場創出が必要とされており、その基盤として製品単位でのCO<sub>2</sub>排出量を表すカーボンフットプリント（CFP：Carbon Footprint of Products）が注目されている。製紙業界においても顧客から自社製品のCFPを算定する目的で、紙・板紙製品のCFPの提供が要請され始めている。

このような状況の中で、経産省及び環境省は個々の事業者がCFPを算定するに当たり、ISO等の国際的な最新の規則に基づく業種横断的なCFPガイドラインを公表し、さらに経産省は本ガイドラインに基づいた製品別算定ルールを策定する団体等への支援事業を開始した（2023年4月）。

日本製紙連合会（製紙連）として、顧客から紙・板紙製品のCFPの情報開示が求められている状況及び政府がグリーン購入法の判断基準としてCFP算定の導入を検討していること等に鑑み、経産省の支援事業に参画し、グリーン購入法対応の紙製品の内、まずはコピー用紙及び印刷用紙について、政府のCFPガイドラインに沿ったCFP算定ルールを策定することとした。

CFP算定ルール策定に際して、製紙連のLCA小委員会を中心に検討を進め、検討内容は2010年に製紙連で策定した紙・板紙のPCR（Product Category Rule）をベースに、政府のCFPガイドラインに整合した算定方法及びデータ収集等のルールの見直しを行うと伴にバイオマス由来炭素、マスバランスの扱い等の新たなルールを追加した。

策手した現時点での算定ルールは製紙連ホームページで公開したが、まだ検討すべき課題も多く残っており、今後も算定ルールの見直しを行っていく予定である。

(本文8ページ)

## 日本企業のCDP水セキュリティ取組事例

八千代エンジニアリング株式会社 事業開発本部 サステナビリティサービス部  
吉田広人、堅田恭輔、佐藤 怜

CDPは、企業に対し環境に関する質問書を送付し、得られた回答結果から開示企業に対する格付けを行う英国の慈善団体が管理する非政府組織である。近年、CDPに回答する企業は増加しており、日本においては2023年に過去最も多い513社が回答を行った。CDPは、他のESG関連格付け同様、市場においても投資家をはじめ様々なステークホルダーに活用される格付けとなっている。

本レポートでは、まず CDP に関する概要を整理した上で、CDP 水セキュリティ 2023 レポートから、回答企業の水への対応傾向を報告した。具体的には、水に関するモニタリング、水リスク評価、バリューチェーンエンゲージメント、目標設定およびガバナンスと戦略の観点で整理を行った。その結果、継続的に回答を行っている企業に対し、2023 年に初めて回答を行った企業は、多くの点で水への取組が進んでいないことが把握された。また、継続的に企業している企業においても、目標設定における排水の汚濁負荷の削減目標や水衛生に関する目標の設定ができていない企業が多いことが明らかになった。

今後、地球規模で気候や自然が変化する世界において、水を含む自然関連問題は企業にとって事業継続の観点からも重要な課題となると考えられる。このため、新規回答企業のようにこれから水セキュリティに取り組む企業の取組の底上げが期待される。

(本文 14 ページ)

## 工場・事業場の騒音対策の流れ

日本音響エンジニアリング株式会社 騒音対策事業部  
平田武士

近年、多様な製造メーカーでは、設備機器の静音性向上に関する取組が進められているものの、騒音問題は依然として解消すべき課題として残る。騒音問題の発生要因は多岐にわたり、特に環境の変化に伴い、従来は問題視されなかった音が騒音として認識される事例が増加している。これは工場の敷地の外側に対する問題の一例だが、敷地の内側に対しては、従業員の働きやすさや健康を重視する動きが強まり、作業環境の騒音に対する意識が高まっている。

このような背景の中、敷地の外側に対する対策の目安の一つに、環境省が定める騒音に係る環境基準がある。これは、環境基本法第 16 条第 1 項に規定される“騒音に係る環境上の条件について生活環境を保全し、人の健康の保護に資する上で維持されることが望ましい基準”に基づき、都道府県知事が指定した地域ごとの基準値が定められている。ただ、この基準を守れば全ての騒音問題が解消するとはならず、対象とする問題によって目標を変える必要があるのも騒音対策が難しいとされる一因である。

ここでは、工場や事業場における騒音対策の検討手順、対策の考え方、および対策効果について解説し、騒音問題の解消に向けたアプローチを説明する。

(本文 20 ページ)

## 国内の CO<sub>2</sub> 地中貯留技術開発と社会実装に向けての取り組み

公益財団法人 地球環境産業技術研究機構 CO<sub>2</sub> 貯留研究グループ  
薛 自求

化石燃料の大量消費によって、大気中の CO<sub>2</sub> 濃度が急激に増加していることが、地球温暖化の主な要因と指摘されている。化石燃料は今後も世界の主要なエネルギーソースであり、持続的な経済成長と地球温暖化防止の観点から、CO<sub>2</sub> 地中貯留技術は地球温暖化対策の重要な選択肢の一つであり、2050 年までの CO<sub>2</sub> 累積削減量の最大 14% を占めると試算されている。「パリ協定」では、全ての国に削減目標の策定や国内対策を義務付けられている。

石炭火力や製鉄所等の大規模排出源から CO<sub>2</sub> を分離回収し、地下深部の塩水性帯水層に圧入し、長期に亘って地中に封じ込むことができる。ノルウェーでは 1996 年から天然ガス随伴の CO<sub>2</sub> を海底下の砂層に圧入しており、その規模は 100 万トン/年となっている。わが国でも苫小牧沖合の海底下地層に製油所の水素製造過程の CO<sub>2</sub> 回収・貯留実証事業（計 30 万トン）が実施された。本講演では実用化規模の CO<sub>2</sub> 地中貯留技術開発の現状や CCS の社会実装に向けた取り組みを紹介する。

地中貯留ではまず CO<sub>2</sub> 貯留対象の地層（貯留層：主に砂層）、貯留層を覆う泥岩層（遮蔽層）からなる地質構造を見つける必要がある。このような地質構造は石油や天然ガスが賦存するものと同じであり、石油や天然ガスの代わりに CO<sub>2</sub> が砂岩層の隙間に留まると考えればよい。地下深部貯留層への CO<sub>2</sub> 圧入に関しては、油ガス田

開発で培われた技術や経験が活用できるが、CO<sub>2</sub>漏洩等に対処する安全性評価技術が必要となる。地中貯留はまだ新しい技術であり、実用化していくには、一般社会に広く受け入れてもらう（社会的受容性）活動が欠かせない。

(本文 24 ページ)

## 成長志向型カーボンプライシング構想について

経済産業省 イノベーション・環境局 GX グループ 環境政策課 環境経済室  
内田美玖

GX 推進法（2023 年 5 月施行）に基づき、政府は 2023 年 7 月に「GX 推進戦略」を閣議決定した。同戦略は、産業革命以降の化石燃料中心の経済産業構造からクリーンエネルギー中心の経済産業構造への転換である GX（グリーントランスフォーメーション）の実現に向け、官民 150 兆円規模の投資を実現するために必要な施策を定めたものである。この GX 投資を促進するため、以下を内容とする「成長志向型カーボンプライシング構想」を早急に具体化し、実施する。

- 1) 「GX 経済移行債」による先行投資支援（今後 10 年間に 20 兆円規模）
- 2) カーボンプライシングによる GX 投資先行インセンティブ
  - (1) 排出量取引制度の本格稼働【2026 年度～】→ GX リーグで 23 年度より試行的に実施
  - (2) 化石燃料賦課金制度の導入【2028 年度～】→ CO<sub>2</sub> 排出量に応じ輸入事業者等に賦課
  - (3) 発電事業者向け「有償オークション」の導入【2033 年度～】→ 電源の脱炭素化を加速
- 3) 新たな金融手法の活用（GX 機構の活用、トランジションへの国際理解醸成 等）

GX リーグは、カーボンニュートラルへの移行に向けた挑戦を果敢に行い、国際ビジネスで勝てる企業群が GX を牽引する枠組みで、2024 年度は国内 CO<sub>2</sub> 排出量の 5 割超を占める企業群（700 社超）が参画している。これらの企業は、2030 年度のみならず 2025 年度に向けた自社の排出削減目標を掲げて排出削減に積極的に取り組んでおり、現在試行的に運用されている排出量取引制度への参加も決定している。また、サプライチェーン全体での排出削減やグリーン製品の市場投入など、個別企業では取り組みが難しいルールづくりについても活発な議論や提案が行われている。

(本文 28 ページ)

## ボイラー灰の処理及び再資源化した環境配慮型資材の特徴 —土木資材の人工石の特徴—

株式会社 FKG コーポレーション 商品開発 開発技術部  
奴留湯誉幸、福岡大造、工藤慶太

日本の総発電量の約 32.4%を担っている石炭火力発電および再生可能エネルギーであるバイオマス火力発電から年間約 1,200 万トンの燃焼灰が排出されている。この燃焼灰の有効利用は、主にセメント原料として使用されているが、それ以外の再生砕石材の土木資材としての利用拡大が進んでいない。利用促進のため、我々は燃焼灰から製造する土木資材の人工石に多機能性を付加することに成功した。

これにより、機能性人工石は、自然災害で発生する地盤液状化への抵抗性が高く、軽量なことから液状化抵抗性の盛土材として使用できる。高い吸水性もあることから、雨天時やぬかるんだ土地での造成工事にも適している。さらに、汚水の水質浄化性を持ち、宅地や工場などの地盤に使用することで地下水汚染から保護する機能も有している。栄養素のイオン吸着性により、植物親和性が高く、公園や歩道脇の植林、水中植物の繁栄にも寄与する可能性がある。

また、製造過程で二酸化炭素を吸収する特徴を持ち、カーボンニュートラルに貢献し、環境保護と資源循環に優れたテクノロジーである。この機能性土木資材は、既に路床材、路盤材や埋戻材としての実績があり、今後さらに自然災害の被害抑制と生活環境の改善に寄与することが期待される。

(本文 34 ページ)

## 森林コンサルティングサービス「診ま森」 —リモートセンシングによる森林情報分析とデータ利活用—

国際航業株式会社 事業統括本部 RS ソリューション部  
真砂陽太郎

日本の民間航空の草分けとして知られる国際航業は、第二次世界大戦後に航空写真測量のパイオニアとして業界をリードし、現在は地理空間情報技術のリーディングカンパニーとして社会に貢献しています。そんな当社が提供するサービスが『診ま森』です。

サービスの起点となるのは「森林計測・解析」。当社の得意とする航空機、ドローン、それに衛星を用いた空からの撮影と地上計測も実施可能です。目的や用途に応じた様々な計測サービスを提供します。取得したデータは独自技術で「解析」し、樹木本数や樹高の推定といった森林資源解析のほか、既存路網の抽出、微地形、崩壊位置等の解析が可能です。一方で、法制度と税制の変更により、林地台帳の整備は今や必須です。そこで同サービスでは、林野庁のマニュアルに則った台帳整備を支援するほか、2019年度から始まった森林経営管理制度の運用における地方公共団体の様々な課題解決もサポートします。

また、ご存知の通り、森林には多面的な機能があり、林業という産業の現場としての利用はもちろんのこと、正しく管理することで防災にも役立つし、生物多様性を維持する貴重な場でもあり、レクリエーション機能も有しています。より良い活用方法を実現するゾーニング提案ができるのも『診ま森』の特徴です。

森林資源の見える化と共有が可能となるが、『診ま森』では、それを高度に利用するためのコンサルティングを受けられるのが最大の特徴です。森林情報を如何に利用するか、ひいては森林を有効活用するにはどうすべきか、といった次元からサポートします。

(本文 41 ページ)

## クボタ液中膜を用いた膜分離活性汚泥処理のご紹介 —紙・パルプ工場への液中膜適用による課題解決について—

株式会社クボタ 膜システム部 国内課  
林田英麗

近年、持続可能な社会を目指し様々な取り組みが行われている中、製造業では工場の省エネ、リサイクル、廃棄物削減等の推進により環境の負荷低減を図っている。

工場から排出される排水も、下水や公共水域に放流されるため環境と密接につながっているが、原材料、生産量、生産品目の変化等により排水量や汚濁物質、濃度が変化するため、排水処理設備の運転管理は容易ではなく、適正な放流水質を維持するために排水処理設備担当の負担は大きい。

クボタ液中膜は、一般的な排水処理方法の一つである活性汚泥処理の沈殿池の代わりに、膜ろ過装置で汚泥を分離する膜分離活性汚泥処理（以下 MBR）に特化した膜ろ過装置である。活性汚泥処理から MBR に改造することで、沈殿池の管理が不要、SS を含まない清澄な処理水が得られる、汚泥濃度を高く設定することができることから排水処理設備の能力増強が可能、処理水を再利用できる、などのメリットがある。

クボタ液中膜は、国内外の下水、浄化槽の他、様々な業種の工場排水に計 7,400 か所以上の実績を有する。本報では工場排水処理設備を活性汚泥法から液中膜を用いて MBR へ改造し、各工場が抱えていた運転管理や放流水質順守、能力増強などの課題を解決した事例を紹介する。製紙工場は非常に多くの水を使用するため排水量も多く、MBR の適用はまだ多くないが、本報が製紙工場排水処理設備の MBR 適用検討のきっかけとなり、運転管理負担軽減、排水由来の環境負荷低減に繋がることを期待する。

(本文 47 ページ)

## 好気性発酵乾燥方式による可燃ごみの再資源化

エビス紙料株式会社  
見澤直人, 斎藤泰章

香川県三豊市にあるバイオマス資源化センターみとよでは日本初となる好気性発酵乾燥方式による可燃ごみの再資源化を行っている。

好気性発酵乾燥方式とは一般家庭などから排出される燃やせるごみを微生物の好気性発酵の力を用いて燃やせるごみに含まれる生ごみや草花などを分解し発酵させることで微生物が熱を発生する。その発酵熱により微生物が分解できない紙やプラスチックなどを乾燥させ、選別することで固形燃料の原料として再資源化を行っている。

製造された固形燃料は石炭の代替燃料として製紙会社などにて使用されている。

香川県三豊市では本方式を導入したことにより再資源化率は64%に上昇した。CO<sub>2</sub>削減に関しても焼却をやめたことと、固形燃料の石炭代替効果、両面の効果で約10,000 tのCO<sub>2</sub>削減を実施している。

好気性発酵乾燥方式導入の経緯や処理フロー、その特徴を紹介し燃やせるごみを燃料化することによる脱炭素効果や今後の展望について紹介する。

(本文 53 ページ)

寄稿

## 第2回国際リグニンシンポジウム参加報告

東京大学 大学院農学生命科学研究科  
横山朝哉, 秋山拓也, 小松聡浩

京都大学生存圏研究所  
梅澤俊明, 飛松裕基

北海道大学 大学院農学研究院  
浦木康光

東京農工大学 大学院生物システム応用科学府  
梶田真也

産業技術総合研究所 生物プロセス研究部門  
光田展隆

京都府立大学 大学院生命環境科学研究科  
宮藤久士

(本文 57 ページ)

寄稿

## 第64回全国紙パルプ安全衛生大会の開催について

日本製紙連合会  
渡邊浩平

日本製紙連合会は、2024年9月に全国紙パルプ安全衛生大会を大津市で開催した。

会員会社と協力会を合わせて、約300名が参加した。

日程は2日間で、初日は総合大会と安全講演会および懇親会が行われた。2日目は、6つの分科会に分かれ、各分科会3件の事例発表とグループ討議が行われた。

グループ討議は、各グループ(6~8名の出席者で構成)が、事前に設定されたテーマについて討議し、行動目標を立てた。グループ討議の最後に、討議内容と行動目標の発表を行い、分科会全体で情報共有を行った。

(本文 62 ページ)

## 技術報文

## 難漂白性広葉樹材クラフトパルプの ECF 漂白における 二酸化塩素消費量の削減

筑波大学 生命環境系  
中川明子, エステイ オクティアナ サリ, 大井 洋  
東京農工大学 連合農学研究科  
駱 可  
三菱ガス化学株式会社 東京研究所  
並木康佑, 辻 妹井子

クラフト蒸解に対して難蒸解性の植林広葉樹材からクラフトパルプを調製し、それらの ECF 漂白において、二酸化塩素処理の前にモノ過硫酸処理を適用し、酸処理をモノ過硫酸処理に切り替えた場合の二酸化塩素使用量の削減量を比較した。硫酸の代わりにパルプ 1 トンあたり 3.0 kg の  $\text{H}_2\text{SO}_5$  を使用すると、二酸化塩素使用量の削減が可能であった。二酸化塩素の全消費量は、易漂白性のユーカリパルプではパルプ 1 トン当たり有効塩素換算で 2.65 kg 削減され、難漂白性の 3 種のアカシアパルプでは平均で 4.93 kg 削減された。モノ過硫酸処理の導入による二酸化塩素使用量の削減効果は、易漂白性ユーカリパルプよりも難漂白性アカシアパルプの方が大きいという仮説を室内実験で確認した。

(本文 72 ページ)