

## 第61回—2018年紙パルプ技術協会年次大会特集

- 
- 2 第61回—2018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
- 7 基調講演  
第61回—2018年紙パルプ技術協会年次大会  
革新と躍進…未来に繋ぐイノベーション技術を目指して……山崎和文
- 15 平成29年紙パルプ技術協会賞及び印刷朝陽会賞受賞者
- 17 受賞あいさつ
- 19 平成30年度 出展会社及び出展品目
- 第46回  
佐々木賞受賞講演 22 カンバス用高圧洗浄装置「ブロー吸引型スーパークリーナー」……村山知洋
- 27 縦型分離・洗浄・回収機「バーチカルZ」の効果と展開  
……上條正泰, 井出丈史, 上田沙紀
- 一般講演 32 マキシトラッシャーシステムと連続式デトラッシュシステム  
—低級化古紙に対する最新の異物除去方法の提案—……安田圭児
- 37 異物処理対策としてのパルパおよびデトラッシュ技術……田中正守
- 41 高回収率の高圧水クリーナーと汚れ防止技術を統合した新しいカンバス欠点対策  
……長塚智彦
- 47 効果的な防虫管理のための捕虫ツールの選択と開発……大庭朋洋
- 
- 総説・資料 51 日本における社会・経済の変化と製紙産業の技術対応  
第5部：キーテクノロジー, 情報化革命およびこのシリーズのまとめ……飯田清昭
- 
- 研究報文 58 セルロースナノクリスタルの表面修飾とその応用……荒木 潤
- 
- 03 会告
- 57 Coffee break  
ペーパーレスどころか媒体レスの風潮に「そうでない世界」……池田晴彦
- 69 パピルス  
最近の注目特許
- 75 内外業界ニュース
- 80 協会保管外国文献標題
- 82 特許公報
- 92 全国パルプ材価格
- 93 統計
- 95 協会だより
-

佐々木賞受賞講演

## カンバス用高圧洗浄装置「ブロー吸引型スーパークリーナー」

相川鉄工株式会社 技術営業部  
村山知洋

これまで弊社はカンバス洗浄装置として初期にはスキャンジェットシャワー装置からはじまり 2003 年には国内第一号機高圧洗浄装置であるコンビクリーナー装置を納入、2007 年国産スーパークリーナー装置第一号機を納入し現在 100 台を超える納入実績がある。従来の高圧洗浄装置は運転中に使用するエコ洗浄時、高圧ノズル（オリフィス径 0.2 mm）2 個が紙への影響を与えない高圧洗浄の限界であった。しかし最近では洗浄ヘッドの形状変更、高圧洗浄ノズルの理想的な配列、洗浄ヘッドの吸引力強化により高圧ノズル径 0.2 mm を使用し個数を最大 12 個まで増やす事が可能となり大幅な洗浄強化が可能となっている。そこで今回は最新のブロー吸引型スーパークリーナーの特長及び納入実績を紹介する。

(本文 22 ページ)

佐々木賞受賞講演

## 縦型分離・洗浄・回収機「バーチカル Z」の効果と展開

株式会社 大善  
上條正泰, 井出丈史, 上田沙紀

当社が開発した縦型分離・洗浄・回収機“バーチカル Z”が製紙業界において活用され始めて漸く 100 台以上の納入実績となり、今般、紙パルプ技術協会佐々木賞受賞の栄誉に浴することとなったが、“バーチカル Z”は発売以来、様々な使用法によって活躍の場を広げて来た。特に近年は製紙業界においては省資源、省エネルギーに重点が置かれつつあり、発売当初は洗浄・濃縮用途が主であったが、次第に繊維回収用途が増えて来ている。

例えば、従来は一見濃度が低く、見過ごされて来た排水中の微量のパルプ成分の内、有効繊維分（繊維長 150 mesh on : 0.10 mm 以上）を選択的に回収するのに優れた効果を発揮しつつある。この場合には一台当りの処理量が増えるため、発売当初の装置仕様では賄いきれなくなり、次第に装置は大型化することとなって来た。そのため、それに対応するための技術開発を進め、装置自体も進化しつつある。

このような背景において、本稿では主として“バーチカル Z”の繊維回収用途について、その使用事例の一部を紹介する。

(本文 27 ページ)

## マキシトラッシャーシステムと連続式デトラッシュシステム —低級化古紙に対する最新の異物除去方法の提案—

相川鉄工株式会社 海外営業部  
安田圭児

中国の輸入禁止品目発表により日本国内の古紙を主原料とする製紙工場では低級古紙対策が急務である。また行き場の無くなった古紙は東南アジア諸国に集まっていることよりこれらの国々でも同様の対策が必要となっている。

スクリーン工程のリジェクトスクリーンとして開発されたマキシトラッシャーは有効繊維の回収、産廃費用の削減などのメリットが日本国内および海外の製紙工場で得られている。またこのマキシトラッシャーシステムの技術を応用し、製品化した連続式デトラッシュシステムは従来のバッチ式デトラッシュシステムと比較し大幅にパルパー内の異物除去効率が向上する。

マキシトラッシャーシステムは 2 台のスクリーンで構成され 1 台目のマキシトラッシャーは横型の内圧式スクリーンであり、原料内の未離解片を離解し、繊維と異物を分離する。マキシトラッシャーのリジェクトは 2 台目のマキシセパレーターに送られる。マキシセパレーターは縦型の開放式スクリーンであり下から送られる原料内

の繊維、水はバスケットホールを通過し、異物は脱水された状態で上部より排出される。マキシセパレーターより排出するリジェクト内には殆んど繊維を含んでおらず、水分率も非常に少ないため繊維口スの低減だけでなくリジェクトの廃棄費用についても大幅に削減ができる。

連続式デトラッシャーはマキシトラッシャーの技術を応用し開発された。従来のバッチ式デトラッシュシステムではパルパー内の原料を受け入れている時間はバッチサイクルの内、50%かそれ以下である。連続式デトラッシュシステムであれば大幅にパルパー内の異物を取り除くことが可能である。

(本文 32 ページ)

## 異物処理対策としてのパルパおよびデトラッシュ技術

株式会社 IHI フォイトペーパーテクノロジー  
田中正守

パルパは原料の離解・溶解を行う機器だが、原料以外の異物を選別・除去する機器でもある。特に近年の古紙事情の変化により、後者の機能がより重要となっている。パルパには高濃度パルパと低濃度パルパとがある。高濃度パルパは原料にせん断力がかからない構造であるため、異物を細分化させにくい特徴がある。低濃度パルパはロータで原料を離解するので、高濃度パルパより出口の異物率が高くなる傾向にある。しかしながら、粗選・精選スクリーニング工程を経た最終原料の異物率は高濃度パルパも低濃度パルパも差が無く、むしろ、低濃度パルパはスクリーンプレートの目孔を小さくすることで粗選スクリーン工程を省略できるほど出口の異物率を少なくできる。また、付随するデトラッシングシステムを強化することで原料性状の変化にも対応できるという利点がある。難離解古紙の処理には高濃度パルパは長い滞留時間が必要なため機体も長くする必要があるが、低濃度パルパは難離解古紙がバット内に選択的に滞留されて離解されるので機体がコンパクトになる。デトラッシングシステムの代表的な機器は、重量異物を沈殿・自動排出するジャンコマット、安定した異物の選別が可能なインテンサマックス、繊維口スを最小限に抑えて異物を排出するスクリーンドラムが挙げられる。これらの機器は自動連携シーケンスで操業され、かつ必要な希釈水も最小限で済むために省スペース・省エネにも有効である。今後の古紙事情の変動に対応するには、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 37 ページ)

## 高回収率の高圧水クリーナーと汚れ防止技術を統合した 新しいカンバス欠点対策

株式会社メンテック 富士事業所 アプリケーション開発課  
長塚智彦

雑誌・雑紙古紙の増配や、回収原料の再利用により、抄紙機に持ち込まれるピッチの絶対量が益々増加、ピッチが粘性を帯び、ドライヤーやカンバスへ付着、蓄積し、それが欠点、断紙の原因となり生産性を著しく低下させている。これら汚れの問題に対し、カンバスにおいては、弊社汚れ防止薬品散布装置（シャワーランナー）と高圧水クリーナーを併用している板紙マシンが年々増加している。一方で、これらの組み合わせにおいては、弊社薬品による防汚コーティングを高圧水クリーナーで洗浄してしまうため、十分な効果を得られていない。更には、高圧水クリーナーにより回収できなかった水分により紙製品に薬品痕やウォーターマークが発生するトラブルにより安定した操業を継続することが困難になっている。

そこで、弊社は、IBS 社との共同開発で、同社の、汚れ・洗浄水回収能力が高いクリーナー『ファブリケア』に『シャワーランナーノズル』を搭載した『ファブリキーパー』を開発した。ファブリキーパーは、クリーナーヘッドとカンバスを防汚コーティングする薬液ノズルを直線的に配置して、双方が同期して摺動、高圧水で汚れを除去した綺麗なカンバス表面に汚れ防止薬品を散布するため、カンバス全面に均一な防汚コーティングを形成することができる。また、防汚コーティングされたカンバスに付着した汚れは容易に高圧水で除去できる。『ファブリケア』の高回収能力と合わせ、実機適用下においては、厚物抄造時に発生していた薬品痕やウォーターマー

クが解消、洗浄力の向上によりカンバス由来のピッチ欠点が少ない状態で維持できるようになった。

(本文 41 ページ)

## 効果的な防虫管理のための捕虫ツールの選択と開発

アース環境サービス株式会社 開発本部 学術部  
大庭朋洋

捕虫器などの飛翔虫の捕虫ツールを利用することは、防虫管理の基本的な取り組みとなっている。捕虫ツールの利用には、虫の捕獲駆除と調査（モニタリング）の目的がある。効果的な防虫管理のためには、様々な機種の特徴を理解し、捕虫ツールの利用目的や設置場所に合わせて、適切な機種を選択する必要がある。今回、各タイプの特徴を、弊社の製品開発とともに紹介する。

粘着式捕虫器は、粘着紙により虫を捕獲するタイプの捕虫ツールであり、虫の生息調査（モニタリング）に向いている。大型タイプもあり、捕獲駆除に向いている機種もある。弊社の粘着式捕虫器 ESCO641 は、誘引音波装置がついており、臭い付き捕虫紙（641 コバエシート）やリアルタイム監視装置（EMS-Q）が利用できるなど、捕虫性能や調査機能を高めた機種となっている。吸引式捕虫器は、ファンによる吸引によって虫を捕獲するタイプの捕虫器であり、捕獲駆除を主目的とした機種である。弊社の吸引式捕虫器 ESCO AIR640 は、13 m/秒もの風速により、虫を強力に捕獲することができる。

弊社では、LED を誘引光源とした新世代の捕虫器 ESCO LED641 を開発した。本機種は LED による省電力を達成しただけでなく、エッジ効果、フリッカー機能、誘引音波、専用粘着シートにより、捕虫性能を高めている。従来品よりも 1.2 ～ 3.5 倍の捕獲性能があり、捕獲スピードや明環境での捕獲にも優れている。

(本文 47 ページ)

### シリーズ

## 日本における社会・経済の変化と製紙産業の技術対応

### —第 5 部：キーテクノロジー、情報化革命およびこのシリーズのまとめ—

飯田清昭

1960 年以降、日本の製造業は、当時開発された半導体技術を積極的に使うことで、高品質の製品を高い生産性で製造して世界をリードした。しかし、1990 年頃よりその技術進歩が頭打ちとなり、さらに、技術が世界に拡散して、追い上げられた。この時期に、次のキーテクノロジーとなる情報化技術が生まれていたが、日本はその取り組みに数歩遅れた。

1800 年から始まる産業化社会は、社会の生産力をほぼ同じ年率で（幾何級数的に）伸ばし続けてきた。一方、2000 年から始まる情報化社会は、単位生産量あたりのエネルギー消費を幾何級数的に削減しつつあり、持続可能な社会を期待させる。

最後に、このシリーズ全体をまとめた。

(本文 51 ページ)

### 研究報文

## セルロースナノクリスタルの表面修飾とその応用

信州大学学術研究院 繊維学系 / 信州大学国際ファイバー工学研究所  
荒木 潤

天然セルロースないしキチンの酸加水分解により得られるセルロース / キチンのナノウィスカー（NWs）は棒状コロイド粒子系として研究されてきている。その高い力学物性のため、NW はナノコンポジットの補強フィラーとして期待されている。本論文では、種々のセルロース / キチンの NW を異なる酸処理により得るための

調製法、表面化電気の導入あるいは表面高分子結合によるそれらの分散安定性の制御、さらにそれに伴う粘性挙動および液晶形成能の変化について概説する。より最近の話題、すなわち金属ナノ粒子との複合化ないし新規な乾燥 CNW 微粒子の製造法についても述べる。

(本文 58 ページ)

---

## CNF/ 研究・開発特集

- 1 リン酸化 CNF による高機能透明シートの開発……………伏見速雄
- 5 セルロースナノファイバーの実用化に向けた検討  
—各種 CNF の応用展開—……………河崎雅行
- 11 ナノフォレスト事業への取り組みと今後の展開……………伊東慶郎
- 16 変性 CNF 樹脂複合材料の開発状況……………黒木大輔
- 20 山林用苗木の生産技術開発……………根岸直希, 中浜克彦, 浦田信明, 田邊稔明
- 23 秋田工場隣接地における風力発電事業の開発について……………笹間 崇
- 29 スロット塗布の流動解析  
—紙基材への染み込みを考慮した塗布流動解析—……………小関洋介, 安原 賢

## 総説・資料

- 37 板紙の誕生と発展  
第1部 1800年以前の紙生産と再生利用……………飯田清昭

- 03 会告
- 44 知財散歩道 (118)  
バイオマスと石油系プラスチックの行方……………種田英孝
- 45 Coffee break  
アメリカ南部横断レンタカーの旅 (その2) ……豊福邦隆
- 46 パピルス  
限りなく対称に近い宇宙……………火置信也
- 52 内外業界ニュース
- 57 特許公報
- 67 全国パルプ材価格
- 68 統計
- 70 協会だより

## リン酸化 CNF による高機能透明シートの開発

王子ホールディングス株式会社 イノベーション推進本部 CNF 創造センター  
伏見速雄

セルロースナノファイバー（以下、CNF）はセルロースの分子鎖が規則的に配列した高結晶性のマイクロフィブリルであり、軽量・高強度・高弾性率・低線熱膨張係数・大比表面積等の特長を有する。これらの特長から、CNF をシート状に加工し、フレキシブルデバイス等、各種の用途に利用することが提案されている。しかしながら、これまでに CNF シートの製造をラボ設備以上の規模で確立した例は無く、製造における課題は多い。筆者らは、当社の独自技術である、リン酸エステル化による 3-4 nm 幅の CNF の製造技術、および CNF のシート化技術を活かし、2017 年度の後半に CNF シートの生産設備を導入した。同設備において連続生産される CNF シート「アウロ・ヴェール™」は、光学フィルム並みの透明性に加え、高強度/高弾性、フレキシブル性、低熱膨張性といった特長を有する。この他、上記の特長に加えて成形加工時に割れず、自由に成形加工できるという特長を持つシート「アウロ・ヴェール 3D™」や、CNF シートの最大の弱点である耐水性の不足を克服したシート「アウロ・ヴェール WP™」も製造可能である。当社は、これらの CNF シートの用途開発をさらに加速していく。

(本文 1 ページ)

## セルロースナノファイバーの実用化に向けた検討

—各種 CNF の応用展開—

日本製紙株式会社 研究開発本部 CNF 研究所  
河崎雅行

当社は木質バイオマスを利用した新規事業への展開を目指した様々な開発を進めており、その中でもセルロースナノファイバー（CNF）の製造およびその用途開発に注力している。これまでに様々なタイプの CNF の実用化に取り組んできており、石巻工場では均一ナノ分散を特徴とした TEMPO 酸化 CNF、また江津工場では CMC 製造技術を応用した CM 化 CNF の量産設備を稼働させ、さらに富士工場では汎用樹脂と複合化した CNF 強化樹脂の実証設備を設置して量産化の検証を進めている。CNF は結晶化度の高い素材であり、高強度・高弾性、低い線熱膨張率などの優れた特長を発現する。また、ナノ繊維としてその大きな比表面積に基づく触媒・吸着など特殊な表面機能、高い分離機能やバリア性、構造粘性に基づく特異的な流動特性などを様々な機能を発現することが知られており、これらの機能を活かして幅広い用途で開発を進めている。

TEMPO 酸化 CNF は、表面に高密度に分布するカルボキシ基に金属イオンやイオン性有機物をイオン結合等によって表面改質が比較的容易である。例えば銀イオン等を担持することで抗菌・消臭を付与し、抗菌・消臭効果を高めた紙おむつに利用して商品化した。また、CM 化 CNF は CMC と同様に食品添加剤としての利用が可能で、主に分散剤や増粘剤での利用を進めている。チキソトロピー性を示し、熱による粘度の変化が小さいなど従来の CNC にはない特長を有しており、食品や化粧品で多数採用されている。CNF 強化樹脂についてはまだ開発レベルであるが、ポリプロピレンやナイロンなどと複合化することで強度（引張、曲げ）や熱変形温度が向上する結果が得られ、射出成形性が良好で微細な形状の成形も可能との評価も受けている。しかし、樹脂補強材として炭素繊維、アラミド繊維、ガラス繊維など既存材料が多く利用されており、実用化を達成するためには低コスト化は勿論のこと、軽量化や強度向上以外の CNF 特有の機能を見出す必要がある。

(本文 5 ページ)

## ナノフォレスト事業への取り組みと今後の展開

中越パルプ工業株式会社 開発本部 開発部  
伊東慶郎

中越パルプ工業（以下当社）では、物理的手法の一つである九州大学大学院の近藤哲男教授が考案した水中カウンターコリジョン（Aqueous Counter Collision = ACC）法を用いたセルロースナノファイバー（CNF）「商品名：nanoforest（ナノフォレスト）」を製造している。nanoforest は、極微小なサイズを意味する「nano（ナノ）」と、天然の森林を意味する「forest（フォレスト）」を組み合わせでネーミングした。天然のナノ素材として注目が高まっている CNF は、軽量、高強度、高弾性率、低線熱膨張といった優れた特性を有することで、様々な素材の特性を向上させることが期待できる。この製造法は、衝突圧や衝突回数も制御が可能である。また水のみで素材を微細化するため安全性の高い試料を得ることができる。

また、この製造法で得た nanoforest は、親水性に加え疎水性サイトを持つユニークな CNF、すなわち両親媒性を持った CNF である。

当社は、2017年6月に、鹿児島県薩摩川内市の川内工場にセルロースナノファイバープラントを稼働させ、同年9月に樹脂化工程プラントを稼働させている。水溶性 nanoforest を nanoforest-S、樹脂に分散しやすい nanoforest 乾燥粉末を nanoforest-PDP として製造している。研究開発品としては、nanoforest-S の表面化学修飾を実施した疎水性 nanoforest（nanoforest-M）や樹脂を併用しない nanoforest のみからなる3次元成型体、nanoforest を漆に複合した高機能素材開発等に取り組んでいる。

（本文 11 ページ）

## 変性 CNF 樹脂複合材料の開発状況

星光 PMC 株式会社 新規開発本部 CNF 事業推進部  
黒木大輔

本稿では当社変性 CNF 配合樹脂「STARCEL<sup>®</sup>」の特長、並びに成形加工（射出成型、化学発泡成型、ゴム）への応用事例について紹介する。STARCEL<sup>®</sup>とは、変性 CNF を熱可塑性樹脂に配合したマスタバッチペレットである。変性 CNF 配合量は 20-50% の範囲であり、現在のベース樹脂は LLDPE（低密度ポリエチレン）とホモ PP の 2 種類である。

STARCEL<sup>®</sup>の最大の特徴は、予めナノ繊維を調製するのではなく、木材パルプなどの植物繊維を化学変性した後、樹脂と熔融混練する際に樹脂中でナノオーダーへの解繊とナノ分散を同時に達成することを特徴とする「京都プロセス」を採用したことである。STARCEL<sup>®</sup>はガラス繊維のような他の補強材と比べて射出成型しやすい特徴があり、変性 CNF 濃度 25% 程度であれば、射出圧を若干高めることでベース樹脂と同等の射出性を示す。化学発泡成形体に適用した場合、変性 CNF を 6% 添加することでブランクに対してクッション性を損なうことなく 3～4 割の軽量化が期待できる。EPDM に適用した場合、カーボンブラックに比べて 1/10 の添加率で同等の貯蔵弾性率が得られ、燃費に関連する指標である  $\tan \delta$  は 4 割減となった。

（本文 16 ページ）

## 山林用苗木の生産技術開発

日本製紙株式会社 研究開発本部 基盤技術研究所 植林研究室  
根岸直希、中浜克彦、浦田信明、田邊稔明

日本国内の森林は、戦後に植林されたスギやヒノキなどの人工造成林が木材として利用可能な段階を迎えており、日本製紙が九州地区に所有する約 1 万 8 千ヘクタールの社有林も同様に伐期を迎えた森林が年々増えている。こうした状況の下、当社では再造林の際、従来の種苗より成長に優れ、花粉量が少ないなどの特徴を持つスギ特定母樹を積極的に導入することとしている。スギ特定母樹とは「森林の間伐等の実施に関する特別処置法の一部を改正する法律（間伐等特措法）」に基づき、森林の CO<sub>2</sub> 吸収固定能力の向上のため、農林水産大臣により指定

されたものである。しかし、スギ特定母樹の苗木は普及が十分に進んでいないため、当社がこれまで培った海外植林技術を活用して、スギ特定母樹の効率的な挿し木生産技術を開発し、大規模な採穂園の造成、早期増殖の取組みを開始した。日本製紙八代工場（熊本県八代市）が熊本県人吉市に所有する土地に、独自技術を用いて増殖に取組んだスギ特定母樹 824 本を植栽した。今後順次拡大を図りながら、2019 年までに 1 万 4 千本の採穂園を造成する。今後は、熊本県内の種苗生産者の協力を得て、2023 年からは年間約 28 万本の挿し木苗を生産していく。また、需要動向に応じた増産、積極的な外販を進めることにより、社有林に限らない九州地区における苗木の安定供給、植林木の確実な更新にも寄与していく。

(本文 20 ページ)

## 秋田工場隣接地における風力発電事業の開発について

日本製紙株式会社 エネルギー事業部  
笹間 崇

地球温暖化対策として再生可能エネルギーへの期待が高まっている中、世界に目を向けると、2015 年に新たに建設された発電設備に占める再生可能エネルギーの比率が 5 割を超えるなど、急速にその導入が進んでいる。日本でも再生可能エネルギー固定価格買取制度が導入され、再生可能エネルギーの電源構成に占める割合は 10.8% (2011 年度) から 15.3% (2016 年度) まで上昇している。しかしその内訳に目を向けると、海外では風力が先導して再生可能エネルギーの導入が進められているのに対し、国内では固定価格買取制度開始後の導入量の約 90% が太陽光であり、太陽光主導で再生可能エネルギーの導入が進んできた。また、海外での風力や太陽光の発電コストが 10 円を下回っているのに対し、固定価格買取制度の買取単価は、風力も太陽光も 20 円を下回るレベルとなっており、海外と日本の違いも現れている。

そのような状況の中、日本製紙株式会社として初となる風力発電事業を秋田工場の隣接地で立ち上げ、2018 年 1 月から営業運転を開始している。国内でも有数の好風況地である秋田県沿岸部において、General Electric 社製の最新鋭の大型風車を導入しており、発電能力は風車 3 基合計で 7,485 kW となる。

(本文 23 ページ)

## スロット塗布の流動解析

— 紙基材への染み込みを考慮した塗布流動解析 —

MPM 数値解析センター株式会社  
小関洋介, 安原 賢

化学工学の分野で塗布は重要な要素技術であり、日本の産業界では VOF 法を用いた塗布ビードの自由表面解析が盛んに行われてきた。この解析手法にて、空気同伴、リビング、リビュレット、段ムラ、塗布エッジ膜厚不均一等の各種塗布故障が解析結果として再現された。また、これら塗布故障の発生状況と塗布条件の相関を定量的に整理したコーティングウィンドウにおいても、実際の塗布試験結果と良好な一致が見られた。このように、塗布解析を活用した塗布故障発生原理の解明、未知の操業条件における塗布故障発生予測が実用化され、近年では主に電子材料分野の塗布最適設計に役立っている。現状この分野では、スロット塗布方式による単層塗布が一般的だが、多層同時塗布技術の応用も期待されている。

他方、製紙業界の分野では、流体構造連成解析によってブレード塗工挙動を表現し、ブレードの塗工膜を形成する挙動が再現されたが、ここでは紙基材への染み込みまでは考慮しきれていない。但し、印刷プロセス解析では、染み込みモデルによってポーラスな紙面へ液体が染み込む挙動が既に再現されており、ブレード塗工との同時考慮が今後の課題である。今回はスロット塗布による液の紙基材への染み込みの検討を進めた。

(本文 29 ページ)

シリーズ

## 板紙の誕生と発展

## 第1部 1800年以前の紙生産と再生利用

飯田清昭

製紙産業は、19世紀後半から古紙を利用する板紙を開発することで、その規模を倍に成長させた。その過程をシリーズで追いかけてみる。

産業革命以前では、紙は、その生産には多大な労力を要し、貴重な商品であった。その紙が書類・書籍として使用され後の扱いが世界各地で異なっていた。

日本では手紙を漉き返してお経を書いたのが最初の記録とされているが（886年）、平安時代から、文書を回収して抄きなおして、文章を記す紙として再生することが普通的で、京都や後の江戸で産業として行われた。再生紙は、薄墨紙、漉返紙、色紙、宿紙などと呼ばれ、江戸では浅草紙（トイレットペーパー）も生産された。

一方、ヨーロッパでは再生紙は生産されず、もっぱら張り合わせて paste board として本の表紙等に使用された。恐らく、これで古紙の需給がバランスしていたのであろう。中国では、宋代に再生紙の使用が記録されているようであるが、日本ほど普遍的でなかったようで、代わりに多くの紙製品に使われたと推測する。

1800年以後になると社会が大きく変貌し、新興製紙国のアメリカが板紙を開発し、古紙の利用を激変させた。

（本文 37 ページ）

## 計装 / IoT 特集

---

	2	第42回紙パルプ計装技術発表会全般報告 —明日の電装技術を探る—IoTの現状と課題—……紙パルプ技術協会 自動化委員会
	14	製造を支える高度IT活用 —高度データ解析, IoTの適用—……中川義明
	20	テクノネットを活用した川崎重工業の遠隔監視技術……野口直樹, 黒坂 聡
	26	実用段階に入ったAIによるオンライン異常予兆検知システムとその実例 ……木村大作, 木幡真望
	33	IoT技術によるシート検査装置の新しい活用……荻野裕貴
	39	製紙工場におけるプラント操業最適化……遠藤 明
	44	最新型近赤外線式カラー欠陥検査装置導入事例……伴野喜八郎
	48	エネルギー・マネージメント・システム (EMS) 導入による省エネルギー ……小川剛広
	51	リアルタイムプロセスパフォーマンス監視とサイバーセキュリティ —解析ツールとサイバーセキュリティの必要性—……上野貞雄, 中森 格
	57	AI & IoTを活用したインテリジェントファクトリー最前線……及川洋光
	60	モノづくりを進化させるIoXソリューション —現場の安全見守りと工場の異常検知ソリューションのご紹介—……湯浅 遇

---

総説・資料	66	板紙の誕生と発展 第2部 板紙産業の誕生……飯田清昭
-------	----	-------------------------------

---

研究報文	75	酸素添加ソーダ・アントラキノン蒸解におけるフェノール系モノマーの収率に 影響する因子……真柄謙吾, 久保智史
------	----	---

---

	03	会告
	93	パピルス 最近の注目特許
	99	内外業界ニュース
	104	協会保管外国語文献標題
	106	特許公報
	115	全国パルプ材価格
	116	統計
	118	協会だより

---

## 製造を支える高度 IT 活用

—高度データ解析, IoT の適用—

新日鐵住金株式会社 業務プロセス改革推進部  
中川義明

当社は、1968年に24時間365日稼働するオンラインのシステムを日本では他産業に先駆け導入し、生産活動の効率化に寄与してきた。その後も、計算機の進歩に合わせてサプライチェーンマネジメントシステムや、工場での生産管理のシステムを構築し、製販の効率化に取り組んできた。

2010年を迎えると、計算機の計算能力も飛躍的に増加し、大量のデータを一気に処理できるようになるとともに、従来では困難であった、移動体からのデータも多量・安価に収集できるようになったため、ビッグデータ解析や、第三世代の人工知能と言われる機械学習も実用段階に入ってきた。

本報では、当社におけるこれらの高度 IT の適用事例を適用領域別に紹介する。

(本文 14 ページ)

## テクノネットを活用した川崎重工業の遠隔監視技術

川崎重工業株式会社 エネルギー・環境プラントカンパニー エネルギーシステム総括部  
野口直樹  
川崎重工業株式会社 技術開発本部 システム技術開発センター  
黒坂 聡

当社では、ガスタービン・ガスエンジン・蒸気タービンを用いた自家用発電設備を販売している。自社製原動機、ボイラ、発電機、プラント補機、電気設備、制御・計装設備を組み合わせることで発電設備を構成しているため、故障が発生した時に検証するためのデータが残っていないと原因究明が困難になり、多大な時間を要する場合は有る。弊社ではガスタービンコージェネレーション発電設備の初号機を1988年に納入した際に遠隔監視装置（通称：テクノネット）も自社開発してこれに装備した。電話回線を使用して現場と弊社工場を結び、各種データを監視するものであり度々改良を加えながら現在も使い続けられているシステムである。

開発当初は1,500kW級のガスタービンのみであったが、現在は5,000～8,000kW級のガスタービンおよびガスエンジン、20,000～30,000級のガスタービンもラインナップに加えられており信号点数の増加、物件数も年々増加している。そのような状況の中でも、お客様に発電設備を末永く使って頂くためにアフターサービスについても満足頂く必要が有ると感じている。当初は故障発生時の原因究明と早期復旧を目的としてシステムを使用していたが、世の中の最新技術と結び付けることで弊社の遠隔監視技術をさらに向上させることが可能になっている。お客様に安心して安定的に運用して頂ける発電設備を市場に提供することもメーカーの使命と考えており、テクノネットは重要なツールの1つとして考えている。

(本文 20 ページ)

## 実用段階に入った AI によるオンライン異常予兆検知システムと その実例

アズビル株式会社 アドバンスオートメーションカンパニー エンジニアリング本部 IT サービス推進部  
木村大作, 木幡真望

ここ数年来、IoT、BigData、AIといった最新鋭のICTを駆使して、世の中のさまざまな活動を変革していくという考え方が大きな潮流となりつつある。これらを総括する概念として、デジタルトランスフォーメーション (Digital transformation) というキーワードも一般的に語られるようになってきた。誤解を恐れずに言えば、欧州発の「インダストリー 4.0 (Industrie 4.0)」然り、米国発の「インダストリアル・インターネット・コンソーシアム (IIC)」然り、そして我が国の「ソサエティ 5.0 (Society 5.0)」も然り、これらは上述の考え方のもとに構築された、ほぼ同様のスキームであると言って差し支え無い。

当然の事ながら、この流れは製造業や電力・ガス事業等に代表される装置産業にも波及し、QCDES（品質、コスト、流通、環境、安全）という各領域での価値創造が始まった段階にある。

本稿では、装置産業における AI 活用の端緒となりつつある「オンライン異常予兆検知システム」について、その概要を紹介する。

(本文 26 ページ)

## IoT 技術によるシート検査装置の新しい活用

オムロン株式会社 検査システム事業部  
萩野裕貴

付加価値の高いモノづくり、高品質や安定稼働を追求する製造業では、グローバル競争や新しい技術の変化への対応が求められている。昨今の製造業を取り巻く環境は、「IoT（モノのインターネット）技術」の飛躍的進化や「ロボティクス技術」「AI（人工知能）技術」など、製造現場の変化を実現する技術革新の動きが始まっている。

このように、モノづくりの進化や市場のニーズの変化に対応していくには、進化する最新技術の活用が重要になってきている。

我々オムロンのシート検査装置においては、欠陥情報だけでなく、検査装置が収集する膨大な品質情報（ビッグデータ）を活用し、現場革新に貢献することを考えている。

これまでのシート検査装置における OK/NG の欠陥判定だけでなく、シート検査装置の安定稼働、検査の妥当性の検証、製品品質の向上など、現場改善にまで導くオムロン独自の新たなサービス（MONOSASHi サービス）に取り組む。

検査装置からの良品情報、欠陥情報、装置情報、必要によりユーザ操作などのイベント情報を収集し、それを検査装置だけでなく、生産活動、品質改善活動に貢献できるように仮説化して進めている。

(本文 33 ページ)

## 製紙工場におけるプラント操業最適化

横河ソリューションサービス株式会社 ソリューションビジネス本部  
遠藤 明

横河ソリューションサービスでは、近年の IIoT（Industrial IoT）技術の発展に伴い製紙工場のプラント操業にもこの技術を活用し高度な操業支援を行うサービスの展開を始めた。従来難しかった経年劣化によるモデル予測制御のモデルの陳腐化を防ぐために、インターネットに基づいた共創空間を活用しプラントのデータからモデルを短期間でチューニングする手法を活用し最適制御による品質安定とコスト削減の効果を維持できる「最適操業支援サービス」を実現した。

本稿では、そのモデリング技術と IIoT 活用したチューニング手法とそのサイクルを維持する成果シェア契約について説明する。今後は、他の工程の最適化を含めて製紙工場の全体最適化を推進していき、さらには他の業種への適応も考えていくことで、IoT 活用による製造工場での事例として普及していくことを目標としている。

(本文 39 ページ)

## 最新型近赤外線式カラー欠陥検査装置導入事例

ダイオーエンジニアリング株式会社 保全推進部  
伴野喜八郎

丸菱ペーパーテック(株)では雲竜紙など多種の特殊紙の生産を行っている。品質向上を目的として、2017 年 4 月に 2 号抄紙機の欠陥検査装置をオムロン製の最新型近赤外線式カラー欠陥検査装置に更新した。従来型の検査方式は反射透過併用方式だったため、反射光と透過光が干渉し、検査精度の低下や生産品種毎に反射光量と透過

光量のバランス調整が必要などの問題があった。最新型のカラー反射・NIR 透過独立方式に更新した事で1本の検査フレームで反射検査と透過検査を独立して行えるようになり、また、反射光と透過光の干渉が無くなった事で簡単な光量の調整で安定して精度の高い検査を行えるようになった。従来検出できなかった微小異物などが検出できるようになり、品質改善に役立っている。

(本文 44 ページ)

## エネルギー・マネージメント・システム (EMS) 導入による省エネルギー

新東海製紙株式会社 島田工場 工務部  
小川剛広

新東海製紙(株)島田工場は、紙の生産に必要な蒸気と電力を、4基のボイラーと4基のタービン・発電機からなる自家発電設備と購入電力で賄っている。

環境負荷の低減、省エネルギーの取組みによる生産コスト削減を図る事は、重要な課題として進めてきている。今般、新バイオマスボイラー建設に際し、自家発電設備(ボイラー・タービン)の効率的な操業に注目し、アズビル(株)のエネルギー・マネージメント・システム(EMSと略す)を導入する事とした。EMSの多変数モデル予測制御(SORTiA-MPC)を用い各ボイラー・タービンの最適化制御を使う事で、蒸気需要・電力需要や抽気流量など、エネルギー使用量は同じでも発電電力が最大化の運転を実現することができた。

2017年4月～2018年3月の1年間EMSを運用した結果、自家発電量増加により3,055MWhの購入電力削減を達成する事が出来た。

(本文 48 ページ)

## リアルタイムプロセスパフォーマンス監視とサイバーセキュリティ —解析ツールとサイバーセキュリティの必要性—

日本ハネウエル株式会社 ハネウエル・プロセス・ソリューションズ  
上野貞雄、中森 格

現代のプロセス制御システムは、プロセスを制御するという目標を持って設計され実装されているが性能、信頼性の観点から、プロセス、設備、およびビジネスを効率的かつ効果的に実行するために必要な情報が集められているとは限らない。プロセス性能を継続的かつ正確に測定することで、プラント生産の最適化につながると考えられる。海外では、低コスト、高生産性、高収益を確実にするために、機器の劣化、性能低下、二次的損傷を最小限に抑える積極的な行動をとるため監視が必要とされている。

また、国家機関や一般企業の情報システムを狙う“情報系”サイバー攻撃と、それに起因した情報システムへの不正侵入、機密情報の漏洩やデータの改竄/破壊、システム/サービスの停止などの重大事故が世界規模で増え続ける中、近年では、電力・ガスなどの最重要な社会インフラや、紙パルプ・石油・化学など、重要な産業施設/設備、産業インフラの制御システムを狙う“産業系”サイバー攻撃が増加している。近年、IIoT (Industrial Internet of Things) と呼ばれる、製造業などを含む産業分野におけるIoTも注目されている。従来の物理的な製品ベースの運用管理モデルから、クラウドを使用したサービスベースのモデルへの移行が始まっており、IIoTを含む制御システムの産業系サイバーセキュリティ対策も注視されている。

(本文 51 ページ)

## AI & IoT を活用したインテリジェントファクトリー最前線

富士通株式会社 オファリング企画部  
及川洋光

インダストリー 4.0 をはじめとして製造業を取り巻く環境は常に進化し競争も激化している。

そのため、製造現場ではカイゼン活動を行っているが、更なる改善と効率化を実現するために、AI や IoT を活用した効率化が着目されている。しかしながら、AI や IoT をどのように活用していくかが製造現場の課題である。

そこで本稿では、AI や IoT を活用したインテリジェントファクトリーの事例を紹介する。

(本文 57 ページ)

## モノづくりを進化させる IoT ソリューション —現場の安全見守りと工場の異常検知ソリューションのご紹介—

新日鉄住金ソリューションズ株式会社 IoT ソリューション事業推進部  
湯浅 暁

いま製造現場では、スマートファクトリーを実現するため、機械や製品などモノがお互いにつながる Internet of Things (以下、IoT) の利活用が進められているが、新日鉄住金ソリューションズでは、そこでは“ヒト”も重要な役割を果たすことから、新たにヒトが ICT ソリューションでお互いにつながる Internet of Humans (以下、IoH) の技術開発に取り組んできた。そして、この IoH とこれまでの IoT とが連携・協調して創出される世界「IoX」(※ IoX は当社登録商標、以下同様) を提唱し、実際のお客様で利用頂いている 2 つのソリューションをご紹介します。

IoH ソリューションからは、少子高齢化やベテラン作業者の引退による一人作業への課題に対する「現場作業者の安全見守りシステム」の本番化を行っており、①作業者に異常があった場合の迅速なアクションにより被害を最小化する、②災害に繋がる事象を検知し災害を未然に防ぐ、③災害発生後に振り返りを行うことで再発防止を図る、ことを目標としたシステムとなっている。

IoT ソリューションからは、これまで人の経験と勘に頼っていた、プラントの運用支援を行うための「異常検知ソリューション」をお客様向けに提供を行った。工場機器からの時系列のセンサーデータを利活用し、工場設備の故障 (の予兆)、工場設備の経年劣化や操業状態の変調の予知を行いたい、というニーズがあるものと認識している。実際には、異常状態の発生頻度が低い、もしくは人が異常状態を定義しにくい状況であるため、AI・機械学習用の教師データを十分に用意できないことが多い。本課題に対して、当社ではデータ分析のプロセスと方法論の両面からアプローチをし、実システム化に繋がった。

(本文 60 ページ)

シリーズ

### 板紙の誕生と発展

#### 第 2 部 板紙産業の誕生

飯田清昭

1800 年に入ると、産業革命により、英国や米国では生産活動がそれ以前の 3-4 倍の増加率で伸びだし、鉄道の普及等で人と物の動きが広がり、豊かさをまし、社会が質的に変化した。その結果、1900 年に入ると、USA で大量生産、大量消費の社会が生まれた。それを支えたのが、マーケティングと物流であった。製紙産業は、前者に対しては包装用紙と紙器、後者に対しては段ボール箱を開発・提供した。

1800 年に入り、紙器の需要が生まれてくると、わらパルプを円網抄紙機で抄いた板紙が開発され、1900 年代まで生産が続いた。さらに、紙器加工機、平版による商品のイメージ印刷、鉄道による物流網の整備等から、紙器の市場が拡大する。一方、印刷の普及から、年々増加する印刷古紙がリサイクルの資源として生まれてきた。そして、1920 年頃から、古紙を原料として、多槽円網抄紙機により板紙を生産する都市型の工場が成立した。

段ボールは 1900 年頃から木箱に代わる容器と使用されだした。初期のわらとジュートのパルプによるジュートライナーにたいし、USA 南部の工場が、地域の松材のクラフトパルプをフォードリニア抄紙機で抄紙した軽量のクラフトライナーを開発し、市場を占有した。段ボールによる物流は世界に広がっていったが、日本や

ヨーロッパでは、シュートライナーのように、古紙をベースとしてクラフトパルプを配合する製品が主流となった。

次号では日本における板紙産業の成立を調べる。

(本文 66 ページ)

## 研究報文

# Factors Affecting The Yield of Phenolic Monomers in an Oxygen-soda Anthraquinone Cooking (酸素添加ソーダ・アントラキノン蒸解におけるフェノール系モノマーの収率に影響する因子)

国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所  
真柄謙吾, 久保智史

バニリンのようなフェノール性モノマー製造のため、酸素または他の触媒によりリグニンを酸化するプロセスは、再生可能な資源からポリマーを製造する方法の開発において重要となっている。酸素-ソーダ・アントラキノン蒸解は、高い液比で、バニリンなどのフェノール系モノマー収率が 17%以上となった。高い液比でのモノマー収率は、低い液比でのそれより常に高かったが、これは低い液比で黒液中のリグニンの溶出濃度が高くなるため、リグニンの縮合が進行することによると考えた。しかし、黒液の平均分子量測定値からは、この仮定を検証するための証拠は見つけることはできなかった。一方、フェノール性モノマーの収率と蒸解中の NaOH 消費量の間に正の相関関係が認められた。したがって、NaOH 消費量は、酸素-ソーダ AQ 蒸解におけるモノマー収率の増加に重要であると考えられる。

(本文 75 ページ)

## 新入社員歓迎号

- 
- 1 黒液粘度低下剤の開発…………藤槻薫麗, 山川 暁
- 5 抄紙工程改善のための鍵となるリテンション制御  
…………テイモ・ランタラ, ラッセ・カウピネン, ユッカ・ノッケライネン, 石原健一
- 12 新規「アクシーズシステム」による内添薬品の定着性向上  
…………三吉洋平, 但木孝一, 春日一孝, 加藤美穂
- 18 化学品利用を目指したソーダ AQ 蒸解による木材成分の分離…………辻 志穂
- 23 なぜ紙生産プロセスで電荷測定が重要か?  
—最新のラボ, オンライン電荷測定について—…………ダニエル オーンドルフ, 宮岡博之
- 28 既存排水処理に対するソリューション  
—ユノックス増強, PSA 更新, MBBR 担体—…………今和泉 晃
- 32 ユーカリ植林木の高白色度メカニカルパルプ製造技術…………宮西孝則
- 
- 総説・資料** 38 2018 年度低炭素社会実行計画フォローアップ調査結果 (2017 年度実績) と  
温暖化対策関連情報…………先名康治
- 56 板紙の誕生と発展  
第3部 日本での板紙生産の歴史…………飯田清昭
- 
- シリーズ: 大学・  
官公庁研究機関の  
研究室紹介(128)** 64 大阪大学 大学院工学研究科 応用化学専攻 高分子材料化学領域
- 
- 研究報文** 68 光源のサイズ変化における紙の光沢恒常性の解析  
…………井上信一, 牧 正矩, 山本昇志, 津村徳道
- 
- 工場紹介(77)** 83 丸住製紙株式会社 川之江工場
- 
- 03 会告
- 66 知財散歩道(119)  
知財契約について思うこと…………阿曾井栄一
- 67 Coffee break  
大川賞の「大川平三郎」について…………辻本直彦
- 88 パピルス  
レコード復活…………白川昭彦
- 92 内外業界ニュース
- 96 特許公報
- 104 全国パルプ材価格
- 105 統計
- 107 協会だより
-

## 黒液粘度低下剤の開発

株式会社片山化学工業研究所 技術開発部  
藤槻薫麗  
片山ナルコ株式会社 PS 事業推進室  
山川 暁

クラフトパルプ製造工程においては、パルプ1トンあたり7～10トンもの黒液が生成される。この黒液は、高温真空下（エバポレーター）において水分を気化させ自然する濃度まで（固形分濃度75%前後）濃縮し、回収ボイラーで燃焼されるが、その際生じる燃焼エネルギー（約13.2 MJ/kg）は回収し動力などに利用される。一方、灰化したアルカリ薬品も回収し再利用されるため、燃焼前工程でいかに固形分濃度を上昇させ、効率よくエネルギーと薬品が回収できるかはパルプの生産性やコスト面に大きな影響を与える。近年では、機械技術の発展により固形分濃度を80%以上まで上昇させることは可能となってきた。黒液を高濃度で処理することが可能となれば、生産性やエネルギー効率の向上だけでなくSO<sub>2</sub>排出濃度の低減など、各分野で様々な利点を有する事が考えられるため、1%でも高濃度での処理が求められているが、設備投資など様々な問題から固形分濃度を80%で操業している工場は少ないのが現状である。

黒液は、含水量によってその状態を大きく変化させる。固形分濃度90%以上では粉体或いは薄片状、80～90%程度では高い粘性を示すなど、取り扱いが非常に困難な物質である。これらの特性より、黒液の高濃縮処理の実現は難しく、現状として固形分濃度75～80%程度を上限とした処理が行われている。

これらの課題を解決するため、我々は高濃度黒液の流動性に着目し、この流動性を改善する薬剤の検討を行い、開発薬品を添加することで黒液の粘度を低下（流動性を向上）させることを明らかにしたので報告する。

（本文1ページ）

## 抄紙工程改善のための鍵となるリテンション制御

バルメットオートメーション Inc.  
ティモ・ランタラ, ラッセ・カウピネン, ユッカ・ノッケライネン  
バルメット株式会社 オートメーションビジネスライン  
石原健一

ファースト・パス・リテンション、白水濃度の安定性は、ウェットエンド安定性に対する高感度の指標である。白水濃度のばらつきは、最終製品の品質（坪量、水分、灰分）のばらつき、及び、断紙の数と直接的な関係性がある。さらに、白水濃度レベルは、地合、抄紙機の清浄度、リテンションエイドの必要性などに関連性がある。低い、高い、又は、変動性のあるファースト・パス・リテンションは、繊維及び灰分（填料）の損失、ウェットエンド全体の不安定性、MD紙質（坪量、紙灰、水分、地合及び多孔度）のばらつき、CDのばらつきを引き起こすMDのばらつき、重要な品質目標における欠陥（例：地合）、操業性の問題、断紙頻度の上昇、必要な洗浄頻度の増大、添加剤の消費量の増加、循環水中及び排水系の水処理ユニットの固形分及び薬品の上昇、ワイヤの摩耗、フェルトの交換頻度の上昇、回収システムの負荷増大、水及び蒸気の消費量の増加、エネルギー消費量の増加、灰分及び微細繊維の含有率の変動により生じる脱水のばらつき等々様々な影響を与える。安定したリテンションとプロセスに合ったウェットエンド薬品の使用は、信頼性のあるウェットエンド測定に基づいた自動制御を用いることにより実現可能になる。本報文では安定したリテンション達成のための手法と制御システム、メリットとしての流れ方向の紙の品質の改善、安定したグレード変更、操業性の改善、紙中灰分の増加、欠陥及び断紙の低減と効率の向上の獲得に関する実用上の問題点を事例をあげ提起する。

（本文5ページ）

## 新規「アクシーズシステム」による内添薬品の定着性向上

ソマール株式会社 技術本部 技術開発部  
三吉洋平, 但木孝一, 春日一孝, 加藤美穂

近年、古紙パルプの品質の悪化等の影響により、紙力剤やサイズ剤などの各種ウエットエンド薬剤の使用量が増加する傾向がある。そのため、これらの内添薬剤の歩留りを向上させることが重要になってきている。弊社では歩留り向上システムである「アクシーズシステム」に特殊モノマーの導入と「リアクティブポリマーテクノロジー」という新しい技術を導入した。高機能歩留り剤「リアライザー R シリーズ」と高機能凝結剤「リアライザー A シリーズ」に特殊モノマーを導入することにより、ロジンサイズ剤や内添紙力剤との相互作用を向上させ、内添薬剤の歩留りを上げることができた。このように内添薬剤の歩留りを向上させることは、薬剤コストを抑えられるだけでなく、薬剤由来の欠陥も減らすことができるという利点がある。また「リアライザー R シリーズ」に「リアクティブポリマーテクノロジー」を導入することにより、歩留り剤が系内でせん断力（シェアー）を受けて低分子量化しても失活させることなく歩留り向上機能を発揮することができるようになった。これにより歩留り剤高添加領域でも歩留り効果が頭打ちにならず、さらに地合いも従来品歩留り剤添加時と比較して向上させることができた。

(本文 12 ページ)

## 化学品利用を目指したソーダ AQ 蒸解による木材成分の分離

日本製紙株式会社 研究開発本部 基盤技術研究所  
辻 志穂

当社は 2003 年から NEDO プロジェクト「木質バイオマスから各種化学品原料の一貫製造プロセスの開発」に参画し、木材成分の化学品利用に取り組んでいる。製紙会社と化学会社の連携を特徴とするプロジェクトにおいて、当社の役割は一貫プロセスの上流に位置するソーダ AQ 蒸解による成分分離技術を開発し、川下の化学会社各社へ木質成分サンプルを提供することにある。本報告では基礎検討からベンチスケールに至る検討内容を紹介する。

分離方法の選択の際は、木材成分の中でも特に利用が難しいとされるリグニンの品質（純度、臭気）への影響を重視し、蒸解法は薬液に硫黄を含まないソーダ AQ 蒸解を選択した。前加水分解と組み合わせて、ヘミセルロース、セルロース、リグニンの三成分を目標の収率で分離可能な条件を見出したが、前加水分解によるリグニン分子量への影響が示唆されたため、アルカリ蒸解単独の処理でリグニンとパルプを提供することとした。ただし、広葉樹については、黒液に溶解したキシランを分離する方法を見出し、必要に応じて三成分の分離が可能になった。

プロジェクトでは、最終 2 年間（2018-2019）でベンチスケール（kg オーダー）での一貫製造プロセスの確立とその経済評価を行う計画となっている。黒液からリグニンを分離する工程については適当なベンチ装置が国内にないため、バルメット社の LignoBoost のベンチ装置（ポータブル式 Lignoboost™ Skid）を当社石巻工場に導入した。高知産業センターの地球釜でソーダ AQ 蒸解し、得られた黒液を LignoBoost で処理することで 1 バッチあたり数 kg のリグニンを分離することが可能になった。今年度よりサンプル提供を開始しており、今後はユーザーのフィードバックを得ながら、品質変動の把握や、運転条件の適正化を行い、本生産方法の経済性評価を行っていく。

(本文 18 ページ)

## なぜ紙生産プロセスで電荷測定が重要か？

—最新のラボ、オンライン電荷測定について—

エムテック エレクトロニック  
ダニエル オーンドルフ  
三洋貿易株式会社 科学機器部  
宮岡博之

紙生産工程のパルプスラリー中には、繊維、フィラー、アニオントラッシュなどで構成されている。パルプ繊維の電荷は、アニオン（負電荷）でありトラッシュの電荷もアニオンである。プロセス用薬品や添加剤の多くはカチオン（正電荷）である。薬品やアニオントラッシュ、繊維の電荷を把握することで電荷を持つ化学物質の効率的な添加を可能とする。そのため、紙パルプスラリーの電荷量、特にアニオントラッシュの電荷、そして繊維自身の電荷は、何らかの方法で測定されなくてはならないことは明白である。

本内容では、電荷測定装置として、リニューアルされた最新の2つのラボ用の装置、CAS touch! コロイド粒子電荷量計とFPA touch! パルプ繊維ゼータ電位計の特徴とその利用例を紹介する。両機種ともタッチパネルで簡単に測定ができ、小型かつ軽量で持ち運びも容易な設計になっている。電荷量計ではパルプスラリー中のアニオントラッシュの量をゼータ電位計では、繊維表面の電荷情報（ゼータ電位）を得ることができる。測定例として、テストライナー生産で目標とする紙力が得られず問題となっているケースを挙げる。電荷量計とゼータ電位計を使用することで、スターチが繊維に適切に吸着していないことがわかり、固着剤を添加してからスターチを添加することで、スターチが繊維に適切に吸着することがわかり、目標値の紙力を得ることができた。

電荷測定をすることで、アニオントラッシュの電荷中和のための添加剤量の最適化や繊維へ添加剤が効率よく反応するための最適化ができ、適切な添加剤の選択や、過剰添加を避けられることが期待される。そのため、コスト削減、エネルギー消費削減が可能となり持続可能な社会への貢献にも繋がる。

(本文 23 ページ)

## 既存排水処理に対するソリューション

—ユノックス増強、PSA 更新、MBBR 担体—

ヴェオリア・ジェネッツ株式会社 民需事業本部 EPC 本部  
今和泉 晃

国内の紙パルプ工場においては、今後、新設での排水処理設備の導入は以前と比べると多くはないものと考えられる。その中で、既設排水処理設備を生かしながらの能力増強、省エネ等に対応していくことは、今後の重要課題であると考えられる。その中で当社は、

- ① 既設設備を生かしたユノックスシステムの能力増強提案が可能
- ② 導入後、年数が経過した酸素発生装置の能力回復提案が可能。また、酸素発生装置の性能向上、電力原単位の向上のために開発を続けている。
- ③ ヴェオリア製担体（MBBR 担体）を用いて、既設スポンジ担体からの処理能力向上提案、既設活性汚泥法の負荷軽減提案等が可能。

以上の形で、既設設備に一部付加させることで、能力増強等に対応する提案が可能である。本稿では、それぞれの事例について紹介する。

(本文 28 ページ)

## ユーカリ植林木の高白色度メカニカルパルプ製造技術

紙パルプ技術協会  
宮西孝則

広葉樹は針葉樹に比べて繊維長が短く強度は低いが、シートの空隙は均一で印刷適性が優れている。広葉樹か

ら機械パルプを製造し BKP（晒クラフトパルプ）の代替として印刷・情報用紙に使用する場合、嵩や不透明度は高いが白色度が低い。従って、如何にして白色度の高いパルプを製造するかが広葉樹機械パルプ利用拡大の鍵になる。本研究では、BKPの原料として日本に大量に輸入されているユーカリグロビュラス植林木チップから、高白色度の機械パルプを製造する技術を確立するためにパイロットテストを行った。その結果、アルカリ過酸化水素溶液でチップを前処理する APTMP 法（アルカリ過酸化水素サーモメカニカルパルプ）と APMP 法（アルカリ過酸化水素機械パルプ）は従来の CTMP 法（ケミサーモメカニカルパルプ）よりも摩砕電力が減少し、嵩高で比散乱係数の高いシートを形成した。アスペン APMP の白色度 80% に対し、ユーカリグロビュラス APMP の白色度は 87% まで上昇し、光学特性が高く嵩高なパルプを低エネルギーで製造することができた。そのメカニズムは、アルカリ過酸化水素とキレート剤を添加してチップを浸透装置で圧縮すると木材組織が部分的に破壊されて磨砕しやすくなるとともに、鉄などの重金属がキレート剤に捕捉され、漂白阻害物質がアルカリに溶解して系外に排出され、漂白効率が向上して高白色度まで漂白できたと考えられる。アスペンチップは白色度が高く、漂白しやすいため機械パルプ原料として広く利用されているが、難漂白性で機械パルプに不向きとされているユーカリからアスペンを上回る高白色度のパルプが得られたことは大きな成果であった。

（本文 32 ページ）

## 2018 年度低炭素社会実行計画フォローアップ調査結果 （2017 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 2020 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」を策定し、地球温暖化防止に積極的に取り組んでおり、主な活動目標は以下の通りである。

- ・ 2020 年度に化石エネルギー由来 CO<sub>2</sub> の排出量を、BAU 比（2005 年度の CO<sub>2</sub> 排出原単位基準）で 139 万トン削減する。
- ・ 森林資源の確保と CO<sub>2</sub> 吸収のため国内外の植林事業を推進し、2020 年度までに植林面積を 70 万 ha に拡大する。

2018 年度のフォローアップ調査結果（2017 年度実績）によると、2005 年度の化石エネルギー由来 CO<sub>2</sub> 排出量 2,495 万トンに対し、2017 年度の CO<sub>2</sub> 排出量は 1,785 万トンとなり、削減率は 28.4% であった。また、CO<sub>2</sub> 排出原単位は、2020 年度の目標値 0.853 t-CO<sub>2</sub>/t に対し、2017 年度の実績値は 0.761 t-CO<sub>2</sub>/t となった。これは、各社が省エネルギー対策や、非化石エネルギー源であるバイオマス燃料への燃料転換対策等を積極的に推進してきた結果である。

本稿ではこの調査結果を報告するとともに、現在の日本の紙パルプ産業のエネルギー事情や 2021 年度以降の 2030 年度に向けた温暖化防止対策となる低炭素社会実行計画（フェーズⅡ）の概要、さらには温暖化防止対策に関する最近の情報を紹介する。

（本文 38 ページ）

シリーズ

### 板紙の誕生と発展 第 3 部 日本での板紙生産の歴史

飯田清昭

明治に入り、欧米流の社会システムが日本に導入され、それを支える産業が生まれてくる。製紙産業もその一つで、活版印刷向けの印刷紙と、物流を促進する紙器向けの板紙の生産を模索する。

まず、輸入板紙により紙器の市場が生まれ、1886 年には 4,000 トン / 年程度に増加した。その市場を目指して

国産化が始まり、長網抄紙機（当時として大型の新鋭機）を輸入し、わらパルプを用いて生産しだす（厚紙は張り合わせ）。原料が稲わらであったことから、紙器の需要増をみこして、地方の起業家が紙器用板紙の生産に乗り出して来る。東京、静岡、大阪に始まり、岡山、新潟、北陸、群馬、佐賀と地場産業として広がっていき、1930年頃は空前のブームとまでなった。それを支えたのが、力を付けてきた国内の抄紙機メーカーで、円網抄紙機を数多く納入した。1930年頃から原料が稲わらパルプから古紙に転換していったと推測する。

段ボールは、紙器より遅れて、1930年頃から使われだすが、戦前では、本格化するまでには至らなかった。

板紙生産は、統計の取られだした1914年から紙・板紙生産量の30-40%で、現在も40%程度である。

(本文 56 ページ)

## 研究報文

### 光源のサイズ変化における紙の光沢恒常性の解析

三菱製紙株式会社 生産技術センター

井上信一

千葉大学 大学院融合科学研究科

牧 正矩

東京都立産業技術高等専門学校

山本昇志

千葉大学 大学院融合科学研究科

津村徳道

私達が目で見える印刷物の印象は、観察時の照明環境で大きく変わる。照明環境で色が異なって見えることは一般に経験するところである。一方で、人間が照明環境による色の变化を認識した上で、本来の色を推測できることは“色恒常性”として知られている。例えば、夕日や白熱電球では本来より赤み掛かって見えるが、人間は元の色を推測して認識できる。印刷物を見るときに、光沢もまた照明環境により大きく変わるもののひとつであるが、このような“光沢恒常性”の有無は、紙の評価環境を考える上で重要な問題である。

本研究では、印刷サンプルを用いた光沢恒常性について解析を試みた。人工的な照明環境の下での光沢感と材質感の恒常性について実験を行った。サイズを変えた光源を照明とすることによって、光沢感および材質感に関連する恒常性について特徴を調べた。解析には、知覚的均等光沢空間に基づく多次元尺度構成法を用いた。

実験の結果、人間の行う光沢感の評価は、光源のサイズにより影響を受けることを示した。見た目の光沢感は照明光のサイズの増加に従って減少した。本研究においては、光沢感における光沢恒常性効果は見られなかった。一方、材質感では、被験者は粗さなどの物性に注意を払い、高い光沢サンプルと低い光沢サンプルにおいて、各サンプルの中では光源のサイズが変化しても材質感が一定であると認識した。これは、材質感においては恒常性効果があることを示している。すなわち、本研究では、材質感の恒常性効果の存在が認められ、一方、光沢感は照明のサイズの影響を受け、光沢恒常性効果の存在は確認できなかった。光沢感が照明のサイズに影響を受けることは、産業において、光沢を目視評価で行う上で照明条件は重要な検討課題であることを示唆している。

(本文 68 ページ)

## 家庭紙特集

- 
- 1 川之江 /Valmet ティッシュマシン・ラインナップと最新技術……杉 政道
- 5 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
- 10 ティッシュマシンへの最新技術アプローチ  
—コーティング膜の可視化—……前川卓彌
- 17 クレーピングコントロール剤の最新技術……佐野雅史
- 
- 総説・資料** 21 CleanLine—The Complete Fabric Cleaning の紹介……行之内幸男
- 26 リファイナー用軸移動対応型メカニカルシール……林 貴裕
- 30 各種ボイラ火炉壁における肉盛溶接金属の高温耐侵食摩耗特性  
……坂口 歩, 白石陽一, 清水一道
- 34 オイル分析で分かること, できること  
—潤滑油診断での設備管理—……大塚健太郎, 鈴木英司
- 39 板紙の誕生と発展  
第4部 板紙生産における古紙利用の現状及びまとめ……飯田清昭
- 43 ベトナム紙パルプ産業とオゾン漂白  
—海外出張報告—……宮西孝則
- 49 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** 57 沈降法によるセルロースナノファイバーの評価……熊谷明夫, 遠藤貴士, 足立真希
- 
- 工場紹介(78)** 74 中越パルプ工業株式会社 川内工場
- 
- 03 会告
- 56 Coffee break  
在宅ワークの非局在化……池田晴彦
- 79 パピルス  
最近の注目特許
- 89 内外業界ニュース
- 94 特許公報
- 106 全国パルプ材価格
- 107 統計
- 109 協会だより
-

## 川之江 /Valmet ティッシュマシン・ラインナップと最新技術

川之江造機株式会社 設計部  
杉 政道

川之江造機が提供するティッシュ、トイレット、タオル用家庭紙抄紙機の BestFormer は、1974 年の 1 号機納入以来、日本およびアジア各国において、200 台を超える納入実績を誇る。現在では抄速 1,000 m/min 以上の BF-1000 やドライ、ウェットクレーブ併抄対応の BF-1200TW など幅広い用途の機種ラインナップがそろそろ。今回はお客さまのニーズに合わせた生産量、用途に対応できる BestFormer ラインナップを最新の省エネ技術と合わせてご紹介する。また、クレセントフォーマは Valmet 社とのライセンス契約により、DCT シリーズを提供している。DCT クレセントフォーマラインナップを最新のプレス方式 ViscoNip と合わせて紹介する。

(本文 1 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 アプリケーション開発課  
稲松 遼

近年、古紙やパルプの価格高騰による粗悪原料やウェットパルプ、自製パルプへの原料変更、品質向上を目的とした柔軟剤配合により、湿紙からセルロース繊維が脱落しやすくなっている。また、搾水工程では柔軟剤や古紙原料由来のフェルト汚れが増加し、幅方向における水分プロファイルが不均一になりやすい傾向にある。これらの傾向は、ヤンキードライヤーに形成されるコーティング被膜の性質を著しく変化させ、コーティング被膜の不均一化（被膜ムラ）、特にセルロース繊維の被膜中への含有量増加は、被膜の過剰硬化および過剰蓄積を招くことがわかった。被膜ムラや過剰硬化、過剰蓄積は、伸びの低下や穴の増加等の品質不良や、断紙等の生産性低下に繋がる重大な課題である。

弊社剥離剤『MRA シリーズ』には、セルロース結合抑制する性能を、接着剤『ソフタックシリーズ』には、一定温度域以上では、硬化しない性能を付与しているため、被膜の過剰硬化や蓄積、被膜ムラの抑制が可能となり、従来の水分に対する取り組みと併せることで均一且つ新陳代謝可能な被膜形成が可能となる。これにより、被膜に対する紙の密着性の向上が可能となり、乾燥の向上、伸びの向上、フェルトからのピックアップ不良由来の穴改善が可能である。

弊社クレーブコントロール剤、接着剤『ソフタック』、剥離剤『MRA』の適用により、蒸気原単位の削減や、増速増産、効率改善等の生産性向上実績が多数あがっており、今後、益々悪化すると考えられる抄造条件において、より高まる品質要求を達成するための足掛かりになると期待できる。

(本文 5 ページ)

## ティッシュマシンへの最新技術アプローチ

### —コーティング膜の可視化—

スペクトリス株式会社 BTG 事業部  
前川卓彌

生活必需品である衛生用紙産業（ティッシュペーパー、トイレットペーパー、タオルペーパー等）はインバウンドの恩恵や東京オリンピックという大きなイベントも控えており、今後も安定的な成長が期待されている。

日本国内のティッシュ製造はマーケットニーズの違いから、欧米と異なりヤンキー上に形成されるコーティング膜が極めて薄いことで知られている。このコーティング膜は、ティッシュのクレーブ形成の重要な因子であるとともに、ヤンキーを保護するという大事な役割がある。

この薄いコーティング膜は、外部からの変動要因（水分、pH、内添薬品、パルプ特性、チャージ変動、水質変動等）に大きく影響を受け、場合によっては膜の形成が簡単に変化してしまうので、その管理方法が難しいと

されている。いかにコーティング膜をヤンキー上に均一に安定的に形成させることが、ティッシュ製造において最大のポイントとも言われている。

しかし、これだけ重要な役割を持つコーティング膜であるが、実際にはその厚み・接着力・硬さ等を測定する方法は確立しておらず、あくまで操業者の目視、感覚、経験や薬品メーカーの推奨から判断されることが多く、定量的な管理方法は確立していない。

BTGはコーティング膜の管理の手段として、振動解析システム—Vigilance(ビジランス)—を開発し、販売を行っている。ビジランスとは『不寝番』という意味で、クレープの安定形成、操業改善、チャタマーク防止や発生の原因追及に役立つシステムとして、コーティング膜を『可視化』できる唯一のシステムとして既に世界で150台以上の実績を持つ。

本稿ではクレープ形成の理論を交えコーティング膜の重要性を説明し、このビジランスの有効性について紹介する。

(本文 10 ページ)

---

## クレーピングコントロール剤の最新技術

株式会社理研グリーン 産薬事業本部 営業部 大阪営業所  
佐野雅史

家庭紙生産工場において、原燃料コスト上昇や安価な家庭紙の輸入などに対して、コスト削減を行い、競争力を高めていく必要がある。海外の家庭紙マシンでは生産性向上のためスチールヤンキードライヤーの導入が進んでおり、鋳物よりもシート熱伝達性が向上する。また新技術として海外の家庭紙マシンではシュープレス技術導入されたマシンが多数稼動しており、日本国内でも家庭紙マシンへシュープレス技術導入が始まった。シュープレス技術導入されたことによりヤンキードライヤーへ持込水分が減少することで従来から世界的な問題となりやすいヤンキードライヤーのエッジデポジット問題は更に顕著な問題となっている。ヤンキードライヤーのエッジデポジットはチャタリングを引き起こしてヤンキードライヤーを損傷させたり、断紙、品質悪化に繋がる問題となる。

従来の剥離剤、コーティング剤ではヤンキードライヤーのエッジデポジットが世界的な問題にもなっていたことからソレニス社で剥離剤、コーティング剤の新剤開発が行われた。ソレニス社は世界最大の紙パルプ薬品メーカーであり、弊社はソレニス社から独占的な薬剤供給を受けている。最適な剥離、コーティング剤の適用によりエッジデポジット問題を改善させることでヤンキードライヤーの研磨周期の延長、安定操業、高品質が期待できる。

(本文 17 ページ)

---

## CleanLine—The Complete Fabric Cleaning の紹介

株式会社 IHI フォイトペーパーテクノロジー プロジェクト営業部  
行之内幸男

要具の洗浄は、製品の品質や操業の効率に関わるだけでなく、薬品や高圧水の使用、高所での作業が発生しうるメンテナンスなど、安全にも関わってくる。当社が開発した抄紙機用要具向けトラバース型洗浄装置 CleanLine (クリーンライン)「クリーンラインシリーズ」は抄紙機のあらゆるセクション、紙種における要具洗浄で高い能力を発揮できる。

本報では、ワイヤとフェルト洗浄における従来の高圧水シャワーとの違いや、カンバス洗浄にかかわるカンバスの特性などに触れながら紹介する。

(本文 21 ページ)

## リファイナー用軸移動対応型メカニカルシール

日本ジョン・クレーン株式会社 エンジニアリング部  
林 貴裕

グランドパッキンの適用が一般的なリファイナー向け軸封に対して、北欧を中心とした紙パルプ業界で採用されているリファイナー用メカニカルシールについて、「軸移動対応」、「スラリー対応」、「容易な取り扱い性」の解説を中心にメカニカルシールを紹介・提案させて頂く。

紙パルプ業界においては以前より回転機器の軸封として黒液やコーティングカラー用途等のポンプや、スクリーンと言った機器に加え、近年は軸振れや振動を伴うアジテーターにおいてもメカニカルシール化が進みつつある。

これはメカニカルシールがダウンタイムを最小限に抑え、生産設備の安定操業による生産性の向上に繋がる有効な手段として認められている為である。

しかしながら叩解度の調整の為にディスク間隔の変更を行うリファイナーの軸封は、その軸移動対応から一般的にグランドパッキンが使用されている。グランドパッキンは広範囲に適用が可能であるものの、漏洩量調整の為に定期的な増し締めや摩擦に伴う軸又はスリーブの定期的な交換が必要であり、また、摩擦による動力ロス、漏洩による原料の損失や現場環境の悪化等の影響を少なからず発生しているのも実情である。

これらの現状を打破し、省エネやメンテナンスコスト削減、更に安全や安心を提供し安定操業を実現すべく、リファイナー用途においても John Crane は独自の発想で製品化したメカニカルシールを提供させて頂いている。

(本文 26 ページ)

## 各種ボイラ火炉壁における肉盛溶接金属の高温耐侵食摩耗特性

紙株式会社ウエルディングアロイズ・ジャパン 技術部  
坂口 歩, 白石陽一  
国立大学法人 室蘭工業大学  
清水一道則

循環流動層ボイラにおいては火炉内の燃焼媒体である珪砂によりその他のボイラに比べ、侵食摩耗が著しい。そこで過去に当社では、CFB ボイラにおける高温環境下での侵食摩耗への対応策として、高温ブラスト試験を採用し、各種肉盛溶接材料における高温耐侵食摩耗性の評価を実施してきた。

本研究では、国内においてボイラの用途以外にもあまり採用されていない Ni 基および Fe 基の新たな肉盛溶接材料について高温ブラスト試験を実施し、高温耐侵食摩耗特性について検討した。

今回試験した結果、インコネル 625 に比べ今回試験した肉盛溶接材料は、摩耗速度が 18 ~ 27% 低くなり、高温環境下での耐侵食性に優れる可能性が示唆された。

今後はボイラ実機を模擬するため、高温侵食に加え、塩化・硫化等環境への耐性を評価する方法を模索し、各ボイラの稼働環境に合わせて最適な溶接材料を選定する必要があると考えられる。

(本文 30 ページ)

## オイル分析でわかること，できること —潤滑油診断での設備管理—

ジャパンアナリスト株式会社 分析センター  
大塚健太郎  
JSD Ltd  
鈴木英司

製紙業を含む多くの産業では，設備機械の摩耗や損傷を防ぐ為に潤滑油が使用されている。潤滑油は，人間の体の中の血液のように設備機械を循環することにより，機器の状態を示す情報を集め，保持している。そのオイルを分析し，異物量，水分量，酸価，粘度などを分析することで，設備機械の管理はより徹底されたものになる。設備機械を摩耗や損傷から守るために高性能オイルフィルターを取り付けることも有効だ。潤滑油が劣化・汚染することによって，設備機械の摩耗や損傷が加速されるが，高性能フィルターを取り付けることで潤滑油を常に清浄な状態に保つことによって，突発的な不具合を防ぎ，設備機械の寿命を延ばすことができる。設備機械を継続して使用する多くの工場では，壊れたら部品の修理や交換，または機械そのものを交換するところも多い。しかしオイル分析を実施することで，設備機械がどのような状態なのかを診断して把握することができる。専門的なオイル分析と高性能フィルターを活用して，予期せぬ停止を未然に防ぎ，同時に部品の交換や修理の頻度を抑えることができれば，生産性は上がり，長期的な経済効果も大である。

(本文 34 ページ)

### シリーズ

## 板紙の誕生と発展

### 第 4 部 板紙生産における古紙利用の現状及びまとめ

飯出清昭

日本では，2016 年のデータで，回収古紙の 67%が板紙生産に使用され，板紙の古紙利用率は 93.8%にまでなっている。ジュートライナー，中芯原紙はいうまでもなく，クラフトライナーでさえも，ほとんど段ボール古紙から作られている。それに対して，包装紙の古紙使用は 10%に満たない。印刷紙器用では，マニラボールは古紙の利用率が低い，白ボールでは雑誌，新聞古紙をベースに作られている。

ヨーロッパでは，2014 年のデータで，回収古紙の 68%が板紙 (packaging papers) 生産に使用され，その古紙使用率は 74%である。case materials (日本の段ボール原紙に相当) は，段ボールおよびクラフト紙からの古紙が 71%で，日本ほど高くないが，同じ傾向である。Carton board (日本のマニラボールや白ボール) では古紙の利用率は 40%程度である。全体として，日本と同じ方向で古紙利用が進められている (ただし，日本の方が，古紙利用率が高い)。

USA では，回収した古紙は，板紙向け (containerboard と boxboard) が約 45%，輸出が約 40%で，輸出先が中国である (2015 年データ)。板紙への古紙利用率は，推定で 27%，日本やヨーロッパとは大きく異なる。これは，クラフトパルプを使用したクラフトライナーの生産が主体のためであろう。

最後に，このシリーズの要約をまとめた。

(本文 39 ページ)

## ベトナム紙パルプ産業とオゾン漂白 —海外出張報告—

紙パルプ技術協会  
宮西孝則

東南アジアではシンガポールを除いて排水処理対策が急務であり、特に製紙工場からの濃い着色排水の対策が求められている。ベトナムにおいても、排水処理だけでなくパルプ漂白も含めて環境対策としてオゾン処理を検討する必要があることから、ベトナム紙パルプ協会 (Vietnam Pulp and Paper Association, 略して VPPA) の要請により 2019 年 3 月 5 日にハノイ市にてパルプのオゾン漂白について講演を行った。講演会には、フートー工業貿易大学製紙技術学部とハノイ科学技術大学製紙学部の講師と学生、紙パルプ製造会社 30 社以上が参加し盛況であった。

最初にベトナム紙パルプ協会 Son 理事長の開会挨拶があった。「ベトナムの製紙産業は年間約 15 ~ 17% の成長率を示しており、この分野で大規模な投資が計画されている。製紙関係プロジェクトの生産能力は、それぞれ 40 ~ 50 万トン / 年であり、一部の企業は、100 万トン / 年を超える包装紙の投資計画を準備している。パルプ分野では 13 万トン / 年のプロジェクトがあり、50 万トン / 年の設備投資を検討中の企業もある。現在、ベトナムのパルプ工場は依然として古い漂白技術を使用している。パルプ白色度と紙の強度を改善し、化学薬品費を最少化し、環境保護を確実にするために、新技術を採用することが紙パルプ工場の目標となっている」と述べた。

続いて筆者が「オゾン漂白の基礎と実例」と題する講演を行った。質疑が多く会場は大変に盛り上がり、非常に良いセミナーになった。「日本がオゾン漂白を導入した理由」、「二酸化塩素 ECF 漂白に対するオゾン ECF 漂白のメリット」、「設備投資金額と漂白コスト」、「オゾン発生装置のメンテナンス」、「パルプ強度、粘度、白色度、色戻り」、「排水の COD、BOD、色度、有機塩素化合物濃度」、「オゾン漂白を導入した工場の樹種とパルプ化法」、「中濃度と高濃度オゾン漂白の特徴」、「将来 TCF 漂白に移行する可能性」など、核心をついた質問が次々に寄せられ、講演終了後、質疑応答だけで更に 1 時間を要した。紙パルプ製造業はベトナムの重要産業と位置づけられ、大規模プロジェクトを抱え熱意が伝わって来る。講演が今後のベトナムの経済発展に些かでも貢献できれば幸いである。

(本文 43 ページ)

### 研究報文

## Evaluation of Cellulose Nanofibers by Using Sedimentation Method (沈降法によるセルロースナノファイバーの評価)

国立研究開発法人 産業技術総合研究所 材料・化学領域  
熊谷明夫、遠藤貴士  
株式会社レニアス 管理本部 開発室  
足立真希

セルロースナノファイバー (CNF) の繊維径や繊維形態を評価する方法として、粒度分布測定法のひとつである沈降法に基づく解析手法が適用できるかどうか、その実用性の検証を行った。本研究では、評価対象として針葉樹漂白クラフトパルプの機械的な解繊処理過程で得られる一連の分散液を用いた。解繊処理過程で得られる分散液には、繊維径や繊維形態がバラエティに富む完全にナノ化されていないセルロース繊維が含まれている。CNF は完全にナノ化されたものばかりに注目が集まっているが、CNF の実用化を推進していく上では、解繊途中の特徴的な繊維形態をもつセルロース繊維の可能性を見出し、これらセルロース繊維も CNF と併せて活用していくことが重要になる。そこで、解繊途中のセルロース繊維も含めた CNF 分散液の評価を検討した。

本研究では、沈降法に基づく分析装置として、重力沈降法に基づく液中分散安定性評価装置と遠心沈降法 (DCS 法) に基づくディスク遠心式粒子径分布測定装置を用いて CNF 分散液の評価を行った。液中分散安定性

評価装置を用いた CNF 分散液の評価は、十分に解繊の進んだ CNF の差異を評価することには適していなかったが、解繊途中のセルロース繊維については沈降挙動と繊維構造との間に相関が見られたことから、機械処理で製造する CNF の解繊状態を簡便に評価する方法として有用であることが判明した。一方、ディスク遠心式粒子径分布測定装置を用いた CNF 分散液の評価で見積もられるストークス径と電界放出形走査電子顕微鏡で観察される繊維径との間に良い相関が見られ、CNF 分散液中のセルロース繊維の繊維径分布を見積もる方法として有用であることが判明した。

(本文 57 ページ)

---

## 省エネルギー I / バイオマス関連特集

- 
- |  |    |  |
|--|----|--|
|  | 1  | 第23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                     |
|  | 3  | 富士宮マイクロ水力発電設備の導入……………池田健一                                    |
|  | 7  | クラフトパルプ工場におけるアンドリッツ最新エネルギー融合技術バイオプロダクトについて……………土棚政人          |
|  | 13 | 多変数モデル予測制御 (MPC) による自家発電設備の最大活用……………堤 俊暁                     |
|  | 19 | ごみ焼却施設におけるボイラクリーニングシステム<br>……………鈴木康夫, 武山陽平, 森下桂樹, 山本裕介, 野田達将 |
|  | 24 | N2号ボイラー省エネ事例……………湊 雄基  |
|  | 29 | バイオマス発電プラント向け燃料貯留・搬送システムと環境対策……………門脇徹志                       |
- 
- |       |    |   |
|-------|----|---|
| 総説・資料 | 34 | セルラーゼ系酵素剤による紙力向上……………吉村光太, 波多野正信                      |
|       | 38 | 仏/Orege社 スラッジ減容設備の紹介<br>—スラッジ多孔化による減容と凝集剤削減—……………齋藤瑞穂 |
- 
- |      |    |  |
|------|----|--|
| 研究報文 | 43 | 薄美濃紙の湿潤強さへの抄紙方法の影響<br>……………稲葉政満, 長谷川聡, 半田昌規, 江前敏晴, 高島晶彦, 韓知佑, 染谷汐織 |
|------|----|--|
- 
- |  |    |   |
|--|----|---|
|  | 03 | 会告  |
|  | 41 | 知財散歩道(120)<br>私の特許検索史……………田井靖人                |
|  | 42 | Coffee break<br>アメリカ南部横断レンタカーの旅(その3)……………豊福邦隆 |
|  | 59 | 内外業界ニュース                                      |
|  | 64 | 協会保管外国文献標題                                    |
|  | 67 | 特許公報  |
|  | 76 | 全国パルプ材価格                                      |
|  | 77 | 統計  |
|  | 79 | 協会だより   |
-

## 富士宮マイクロ水力発電設備の導入

王子マテリア株式会社 富士工場 工務部 電気計装課  
池田健一

当社富士工場の富士宮事業所は、2台の抄紙機停機により、取水していた工業用水に余剰が発生し、隣接する河川に放流する事となり、この工業用水を有効活用する事が課題のひとつであった。

水力発電の新設経験が無い中、電力会社に相談・協力を得ながら、再生可能エネルギー固定価格買取制度を活用した工事計画を作成し各社ヒヤリングした結果、小容量の水力発電に仕様と価格がマッチしたアンドリッツ製水車及び東洋電機製造製発電機の導入を決定、2017年9月より小水力発電所の数で日本一を誇る富士宮市で12番目の小水力発電として売電を開始した。

放流されていた工業用水の有効活用と、少ないながらも年間を通じて安定して得る事の出来る湧き水の自然エネルギーを小水力発電に利用した経験を紹介する。

(本文3ページ)

## クラフトパルプ工場におけるアンドリッツ最新エネルギー融合技術 バイoproダクトについて

アンドリッツ株式会社 技術営業部  
土棚政人

21世紀の今日、重要な課題のひとつは、CO<sub>2</sub>を削減し、地球温暖化防止につながる省エネルギー、化石燃料を用いない創エネルギーである。クラフトパルプ製造工場においては、供給されるバイオマスの50%は、グリーンエネルギーとして活用されるため地球に優しいプロセスと言える。しかし、ここには、まだ多くの改善の可能性がある。個々のプロセスからなる製造ラインを融合、最適化することで、省エネルギー、創エネルギーが可能である。アンドリッツは連続蒸解釜・エバポレーター・回収ボイラーを融合化したDEvapエバポレーターを開発し実機を稼働させている。HDユニット（超高濃度エバポレーター）とHERB高効率回収ボイラーの融合化による熱回収と発電量の最大化は海外だけでなく、国内にも超高濃度エバポレーターと高効率ボイラーを納入して来ている。HDユニットは黒液を～85%の高濃度にするると共に高濃度の黒液を燃焼するHERB回収ボイラー技術を確立し、高い発電効率を可能にしている。アンドリッツのA-Recovery+コンセプトは薬液回収サイクルのクローズド化を更に図り、廃棄物、排ガスから有用な化学薬品、バイoproダクトをも製造するようにしている。近年の北欧の最新クラフトパルプ製造工場は、バイoproダクト工場として進化をしている。本稿は、その取り組みにおける個々のプロセスを融合化した最新エネルギー技術について記述したものである。

(本文7ページ)

## 多変数モデル予測制御（MPC）による自家発電設備の最大活用

大王製紙株式会社 三島工場 エネルギー企画部  
堤 俊暁

自家発電設備を最大限活用してエネルギー原単位およびエネルギーコストを削減するために、多変数モデル予測制御（MPC：Model Predictive Control）を用いて操業制約を自動回避しつつ発電出力を最大化するシステムを導入し、前年比で3,000 kW以上の発電出力をアップした。

自家発電設備では季節変動や需要設備の都合によってタービン、発電機、受変電設備、ボイラ等で様々な操業上の制約が掛かり、オペレータによる出力バランス調整が常時求められている。しかしながら出力バランスの調整を常時細かく行うことは他業務との兼ね合いもあり困難であるため「物理的に発電可能であるのに操作できない」という操作機会損失が内在している。

本件は多変数モデル予測制御システムをボイラ、タービン、蒸気連系弁に用いることにより、操業制約を受けるとる蒸気、復水、燃料、電力等の各パラメータを上下限範囲に制御を実現しつつ、自家発電設備の出力を常時最大

化する制御を構築し、操業ノウハウの自動化と操作機会損失の削減を実現している。

(本文 13 ページ)

## ごみ焼却施設におけるボイラクリーニングシステム

JFE エンジニアリング株式会社 環境本部  
鈴木康夫, 武山陽平, 森下桂樹, 山本裕介, 野田達将

昨今、一般廃棄物を中間処理するごみ焼却施設は、循環型社会形成のための中核施設および電力需要地に直結した分散型電源として大きな期待が寄せられており、発電施設としての能力向上は、最も重要な課題のひとつとなっている。また、一般廃棄物の熱量のうち、約半分がバイオマスとしてカウントされることも、地球温暖化防止の観点から注目されるところである。

しかし、ごみ焼却施設のボイラにおいては、灰分中の金属や塩類などの影響で灰の付着や伝熱管の腐食が起きやすい。安定稼働と発電量最大化の手段の一つとして、ボイラ伝熱面の付着灰除去が重要となってきている。

そこで当社は、操業中にボイラ内の付着灰を除去可能なオンラインクリーニングシステムである「水噴射クリーニングシステム」と「圧力波クリーニングシステム」の適用に取り組んできた。これらのクリーニングシステムは従来困難であった操業中の放射伝熱室の灰付着を防止して熱回収減少の防止ができるだけでなく、対流伝熱室のガス温度の高温化防止や灰の付着防止に効果が高いことが、操業データにより確認できた。

これらのシステムは、単独または組み合わせて適用することができ、高効率発電に向けたボイラ蒸気温度の高温化に必須の技術であるとともに、既存施設への設置も容易であることが特徴である。

(本文 19 ページ)

## N2 号ボイラー省エネ事例

北越コーポレーション株式会社 洋紙事業本部 紀州工場 工務部原動課  
湊 雄基

当工場のボイラーは、バイオマスボイラー（N2 号ボイラー）と黒液回収ボイラー（6 号ボイラー）の計 2 基が常用で稼働しており、予備缶で重油ボイラー（N1 号ボイラー）を 1 基設置している。常用 2 基のボイラーとタービン発電機（N1 号タービン）から構内で使用する蒸気と電気を供給している。構内で不足する電気の一部は電力会社より買電を行っている。

N2 号ボイラーは循環流動層自然循環屋外型のバイオマスボイラーである。大きな特徴として、プラスチック燃料を使用しており、その熱量が占める割合が大きい。プラスチック燃料の使用割合が多いと、Cl の含有が多く灰の融点が下がる。過熱器管の高温腐食対策及び既設タービン発電機の蒸気温度条件に合わせるため、重油焚きの 3 次過熱器を設置するシステムを採用した。

3 次過熱器では追焚用の C 重油を常時使用しており、蒸気温度の温度付けのため使用を止めることができない。燃料価格の値上がりに伴い、3 次過熱器の追焚重油は工場の損益に非常に大きな影響を及ぼす要因となっている。

今回省エネに取り組み、3 次過熱器の燃焼空気流量、主蒸気圧力・温度コントロール制御パラメーターを調整し、重油使用量を約 5.5%削減できた。また、他社の省エネ事例を参考に、プラント用コンプレッサーの吐出圧力を調整し、消費電力量を約 6.8%削減できた。

本報では、N2 号ボイラーで取り組んだ省エネの活動内容及び事例について紹介する。

(本文 24 ページ)

## バイオマス発電プラント向け燃料貯留・搬送システムと環境対策

伊藤忠マシンテクノス株式会社 産業機械二部  
門脇徹志

再生可能エネルギーの活用は、2018 年 7 月 3 日に資源エネルギー庁より発表された「第 5 次エネルギー基本

計画」で主要施策に上げられている。多くの製紙会社が経営計画に掲げる「新規事業への参入と育成」を通じた地域経済への貢献を支援するため、バイオマス発電用燃料（木質チップ・木質ペレット・PKS など）の大容量貯留サイロと、燃料貯留・搬送・供給システム全体の構築を提案する。

限られた敷地内に必要な機能を集約する搬送システム設計と、独自のスパイラル・ウエルディング工法による大型サイロ施工を最短工期で完了させることで、プラント建設コストを大きく下げることが可能になる。バイオマス発電プラントを安定して稼働させ続けるために、発電燃料を蓄え、発電タービンを回すためのエネルギー源をボイラーに定量供給する。大量の木質燃料を滞りなく受け取り、ボイラーでの燃焼に適した品質で燃料を貯留し、デマンドに応じてボイラーに定量供給し続けるための、設備設計時に考慮すべき重要項目について紹介する。

さらに、同じく基本計画で触れられた主要施策のひとつ、化石燃料の高効率運用による省エネルギーを可能にする、ボイラーからの排熱回収による給水予熱システム構築事例についても述べる。

独創的な技術と豊富な知見に基づくシステム構築が、「新規事業への参入と育成」の実践による地域経済の活性化を後押しし、国内紙パルプ産業各社の健全な発展に寄与できることを確信している。

(本文 29 ページ)

---

## セルラーゼ系酵素剤による紙力向上

株式会社理研グリーン 産薬事業本部 営業部 富士営業所  
吉村光太, 波多野正信

セルラーゼ系酵素剤ハーコボンド 8922 は酵素の効果でパルプのフィブリル化を促進し、紙力の向上が得られ、DDR の負荷を下げることであった。それによりエネルギーコストの削減やパルプの質の向上をさせることに成功している。これらの成功内容について実験室レベルでの紙力や伸びといった効果や、薬剤の開発メーカーであるソレニス社で行った海外での実機試験のケースヒストリーを紹介している。

また、酵素剤のため使用条件についても本報で示している。温度条件や pH 条件など実験室レベルで試験を行い使用可能な条件や最適条件などを紹介している。

製紙に使用される酵素のうちキシラナーゼはパルプの漂白、アミラーゼはサイズ澱粉における粘度調整、ラッカーゼはバイオ漂白によるリグニンの除去、セルラーゼはリファイニングおよび濾水剤として使用されており、今回、我々はセルラーゼ系酵素剤ハーコボンド 8922 を用いて紙力増強、エネルギーコストダウンについて検証を進めた。そしてハーコボンド 8922 を用いた紙力試験や使用条件などのデータでは紙力向上などの良好な結果が得られた。海外のケースヒストリーでは試験データと同様にフィブリル化が促進され、紙力が向上することにより DDR 負荷を軽減できエネルギーコストの削減が示されている。

(本文 34 ページ)

---

## 仏 /Orege 社スラッジ減容設備の紹介

—スラッジ多孔化による減容と凝集剤削減—

伊藤忠マシンテクノス株式会社 産業機械三部  
齋藤瑞穂

伊藤忠マシンテクノス(株)は、2018年4月よりフランスの排水処理設備メーカーである Orege (オレジ) 社設備の日本国内の販売を開始した。

Orege 社のスラッジ減容設備の活躍が期待される業界は、紙パルプ・食品・繊維・化学品と多岐にわたるが、とりわけ紙パルプ業界では日量数十～数百 m<sup>3</sup> といった最終排水量がある工場も多く、本商品のメリットを容易に享受できるはずである。現状において製紙工場では、凝集剤を添加し脱水設備にてスラッジを減容し、最終的には焼却処分、もしくは有償にて産廃処理をしている工場が多いと思われるが、その排水フローのほとんどは既に徹底的に効率化され、追加での処理設備が導入される余地は少ないものとする。しかしながら Orege 社設備は、今までにないまったく新たな方式でのスラッジ減容を可能にし、更なる凝集剤削減・最終処理費用削減を

見込めるものとなっている。

(本文 38 ページ)

研究報文

## 薄美濃紙の湿潤強さへの抄紙方法の影響

東京藝術大学大学院 美術研究科  
稲葉政満  
長谷川和紙工房  
長谷川 聡  
半田九清堂  
半田昌規  
筑波大学 生命環境科学研究科  
江前敏晴  
東京大学 史料編纂所  
高島品彦  
東京藝術大学大学院 美術研究科  
韓知佑  
筑波大学 生命環境科学研究科  
染谷汐織

美濃紙は、長年に渡って文化財保存修理の現場において、様々な形で活用されている。特に、文化財を直接支える肌裏紙に、薄美濃紙が頻繁に使用されている。文化財のよりよい保存にはその品質の向上を図ることが重要である。本研究ではその第一段階として、湿潤強さの高い薄美濃紙の製造条件を明かにすることを目的として、抄紙方法を変えた試料を作製し、肌裏紙としての使い勝手にどのような違いが見いだされるのか、また各種の物性データと紙を使用する技術者の感覚との間にどのような相関が認められるのかを検討した。紙の地合は良い方から名人といわれた故古田製、長谷川製、初心者製の順であった。この地合評価と紙試料の灰汁媒染時の湿潤強さの官能評価とはほぼ一致していた。フィンチ法による湿潤強さもほぼ同じ傾向を示した。アルカリ溶液濃度が高くなると、薄美濃紙の湿潤引張強さは低下し、袋洗いや楮の枝先端部からの原料からの試料の湿潤引張強さは低かった。抄紙順と湿潤強さの関係について、抄紙順が遅くなるほど、紙の地合と湿潤引張強さは向上する傾向があった。長繊維が抄紙順の早い段階で抄き出されて、単繊維と柔細胞が多く残るためであると考えられた。

(本文 43 ページ)

## 省エネルギー特集Ⅱ

- 
- |  |    |   |
|--|----|---|
|  | 1  | 江津工場5号タービン発電機設置による省エネ……………波田貞之                    |
|  | 6  | 日南工場における省エネルギーの取り組み……………内田雅己                      |
|  | 10 | 気体漏洩箇所を見える化するエアリークビューアー MK-750<br>……………小田将広, 榎田靖夫 |
|  | 16 | AC 駆動技術を用いた特殊環境 LED 照明の開発……………田中博之                |
- 
- |       |    |  |
|-------|----|--|
| 総説・資料 | 21 | 製紙業界における効率的なドレン利用, 回収システムのご紹介<br>……………上藤丈浩, 秋永草平           |
|       | 26 | 新潟工場省エネ事例について……………鷺津真人                                     |
|       | 31 | ドライヤーパートにおける蒸気原単位削減の取り組み……………林 倩, 氏家章吾                     |
|       | 36 | 新型高効率ブロワによる消費電力の削減<br>—空気軸受式可変速単段ターボブロワ TurboMAX—……………増田剛士 |
|       | 41 | パルプ装置最適化のためのハネウエルの多変数モデル予測制御とそのライフサイ<br>クルマネージメント……………瀬戸邦彦 |
- 
- |                                     |    |   |
|-------------------------------------|----|---|
| シリーズ: 大学・<br>官公庁研究機関の<br>研究室紹介(129) | 48 | 東京農工大学大学院農学研究院 植物資源形成学研究室・木質資源特性科学研究<br>室 |
|-------------------------------------|----|---|
- 
- |      |    |                                 |
|------|----|---------------------------------|
| 技術報文 | 50 | KP 洗浄工程での向流洗浄効果についての考察……………森 芳立 |
|------|----|---------------------------------|
- 
- |          |    |                   |
|----------|----|-------------------|
| 工場紹介(79) | 74 | 日本製紙パピリア株式会社 原田工場 |
|----------|----|-------------------|
- 
- |  |     |                 |
|--|-----|-----------------|
|  | 03  | 会告              |
|  | 79  | パピルス<br>最近の注目特許 |
|  | 87  | 内外業界ニュース        |
|  | 92  | 特許公報            |
|  | 99  | 全国パルプ材価格        |
|  | 100 | 統計              |
|  | 102 | 協会だより           |
-

## 江津工場 5 号タービン発電機設置による省エネ

日本製紙株式会社 江津工場 工務部工務課  
波田貞之

江津工場の 2 号, 3 号タービンは使用開始から 60 年程度経過して老朽化が進み, トラブルが頻発していた。さらに, 機械式ガバナを電子化する近代化工事もできない状況で, 安定操業のためにタービンの更新が必要であった。

一方, パルプ増産の計画もあり黒液濃縮設備の増設が必要であるが, 工場全体の蒸気・電力バランスも検討して, 日本製紙で初めて電気式エバポレーターを採用した。パルプ増産により自家発比率が増産計画前の 89% から 76% に低下して, 買電の契約を上げることで電力コストが増加する課題があった。そこで, パルプ増産前の早い段階からタービン導入を決定して, 減圧によるエネルギーロスの有効利用で工場全体のコージェネレーションを最適化して総合エネルギー効率を高めた。その結果, 自家発電を増やして自家発比率がパルプ増産計画前を上回る 95% まで増やすことができた。

本稿では, パルプ増産による蒸気・電力バランスの変動をタービン発電機の設置により, 操業安定化, コスト改善, 省エネを行った事例について報告する。

(本文 1 ページ)

## 日南工場における省エネルギーの取り組み

王子製紙株式会社 日南工場 施設部  
内田雅己

王子製紙(株)日南工場は, 印刷・情報用紙を主力製品としているが, 少子高齢化や ICT 化の加速といった逆風のもと, 市場規模の縮小が続いている。このような状況下, 当工場では, 収益確保に向けたエネルギーコストの削減は, 極めて優先度の高い喫緊の課題であると位置づけ, 省エネルギーの目標を『全一次エネルギー使用量の 1.5% 削減』とし, エネルギー専門委員会, エネルギー幹事会を中心に, 社員一丸となって日々省エネルギー活動に取り組んでいる。

近年, 設備投資は抑制される傾向にあり, 新規案件の発掘, 実施が難しい状況となってきているが, そうした中, 当工場では過去の案件の深掘りや, 他工場の案件の水平展開等に積極的に取り組むことで, エネルギー使用量の削減を継続している。

本稿では当工場が実施してきた省エネルギーの取り組み事例について紹介する。

(本文 6 ページ)

## 気体漏洩箇所を見える化するエアリークビューアー MK-750

JFE アドバンテック株式会社 技術開発部  
小田将広  
JFE アドバンテック株式会社 計測診断事業部  
榎田靖夫

各種製造工場では, 操業に用いる圧縮空気や窒素ガス等の様々な気体を工場内に輸送するための配管が長大かつ複雑に敷設されている。配管が損傷して生じるリークは, 大きなエネルギー損失を発生するため, 工場の効率的な運営や省エネルギーの観点からは, 配管等の設備からの気体のリークを検知, リーク箇所を特定し, 補修していくことが重要である。

従来の超音波式リーク検知器では検知範囲が局部的なため, 広大な工場内に縦横に敷設された気体配管からのリークを効率的に検知, リーク箇所を特定することは困難である。そこで, 著者らは超音波のビームフォーミング技術をリーク検知に適用し, リークを検知するだけでなく, リーク箇所を特定することが可能な, 小型・可搬型装置エアリークビューアー MK-750 の開発を行った。

MK-750は、リークで発生する超音波の到来方位をリアルタイムで特定し、かつ可視動画と重ね合わせて表示することで、誰でも簡単に、広範囲のリーク箇所を即座に探索することができる。

窒素ガス内圧 40 kPa,  $\phi$  0.2 mm 孔の模擬リーク源からのリークに対し、開発した MK-750 にて約 5 m の遠方から探索した結果、リーク検知とリーク位置特定が可能であることを確認した。さらに、実際の工場設備で MK-750 の性能検証を実施し、工場内の圧縮空気や窒素ガス等の配管、バルブ、各種計器類での実リークを、2 ~ 15 m 以上遠方からでも検知し、広範囲・高所のリーク箇所を非常に効率よく特定できることを実証した。さらに、騒音レベルが著しく高い環境でも、超音波を利用することで、リーク箇所を特定できることを確認した。

(本文 10 ページ)

---

## AC 駆動技術を用いた特殊環境 LED 照明の開発

Do ライト株式会社  
田中博之

地球温暖化の抑制や水俣条約の発効により照明器具は既存光源から LED 光源への切替えが産業界全体にとっての急務となっている。LED 照明は省エネ・エコ製品として優れており、そのメリットも広く理解される一方で従来光源と異なり熱くならない光源であるとの誤った認識が普及しているように思われる。LED 照明を構成する部品には熱に弱い素材が多く使用されているため既存光源ではあまり重要視されていなかった放熱設計が製品寿命を左右する問題となっており、特に高温、粉塵、衝撃・振動等の特殊な環境下での使用は製品寿命を著しく低下させユーザーの期待を裏切るような事例が散見される。当社の製品は安定器を必要としない AC 駆動チップを採用した独立型モジュールと、他に類を見ない螺旋構造のヒートシンクを開発することで 70°C までの特殊環境に特化した LED 照明を開発した。また本稿では 70°C 以上の高温環境ユーザーからの期待に応えるために当社が取組んでいる最新の熱対策、筐体設計、素材の改良、新素材 LED チップの開発について触れていきたい。

(本文 16 ページ)

---

## 製紙業界における効率的なドレン利用、回収システムのご紹介

三浦工業株式会社  
上藤丈浩, 秋永草平

貫流ボイラは、大型ボイラと比較し保有水量が圧倒的に少なく、高効率・省スペース・取り扱いが簡便という特長を持ち、産業用・業務用熱源として日本のボイラ市場の約 7 割（弊社調べ・発電用除く、出荷ベースは 9 割を超える）を占める。

日本のボイラ市場の約 7 割を占める貫流ボイラの効率改善は重要であるが、熱交換器技術の進歩により、高効率貫流ボイラのボイラ効率は極限まで高まってきており、ボイラ単体での効率改善の余地は小さくなってきている。そこで本稿では、負荷機器周辺まで含めた蒸気システムの効率改善に着目し、高効率貫流ボイラに適したクローズドドレン回収装置を自社開発したので紹介する。

貫流ボイラの特徴である保有水量が少ない故のメリット、高効率運転のメリットを実現するには自己蒸発量が少ないデメリットをカバーしつつ安定して給水できるクローズドドレン回収システムが不可欠となる。弊社のクローズドドレン回収システムはバッファ容量の増加等によりそれを実現し、更にフラッシュ蒸気回収制御といった特許技術の採用により熱回収率を大きく向上させている。また弊社独自技術であるスチームアシスト方式では、ドレンポンプの省電力化にも成功している。高効率貫流ボイラと合わせて同クローズドドレン回収システムを導入する事で、更なる省エネルギー・CO<sub>2</sub> 削減を大きく進めることが可能となる。

(本文 21 ページ)

## 新潟工場省エネ事例について

北越コーポレーション株式会社 新潟工場 施設部 施設課  
鷺津真人

近年、温暖化等の地球環境問題への対策が各国に求められており、日本はパリ協定の約束草案で2030年度のCO<sub>2</sub>排出量を2013年度比より26%削減することを目標とした。北越コーポレーション新潟工場でもパリ協定の約束草案達成に貢献する為、省エネプロジェクトを立ちあげた。プロジェクトの中から「8号機1次スクリーン高効率化」及び「9号機2次水フィルター増設による節水」の2つの事例を報告する。

新潟工場8号機1次スクリーン高効率化では、相川鉄工製B-1500型スクリーン用アジテーターをMaxi Agitatorに更新し、さらにブリー比を変更して回転数をダウンすることで消費電力の削減を図った。新潟工場8号機には1次スクリーンが5台あり、すべてにMaxi Agitator及びブリー比変更を採用したところ、合計125kWの消費電力削減となった。

新潟工場9号機2次水フィルター増設による節水は、日本ポール製スピンドリン装置を2ユニット増設することで、余剰のあるスーパークリア水（再用水）の精製量を増やして2次水として利用し、不足により補給している工業用水を削減する。予想効果としては、170 m<sup>3</sup>/hの節水となる見込みである。現在、2次水フィルター増設の手配・準備を進めており、本年12月に稼働予定である。

(本文 26 ページ)

## ドライヤーパートにおける蒸気原単位削減の取組み

栗田工業株式会社 ソリューション推進本部  
林 倩  
栗田工業株式会社 第一営業本部  
氏家章吾

製紙工程では省エネルギーに対する様々な取り組みが求められている。そのなかで、抄紙機のドライヤーパートにおいては、湿紙を目標水分まで乾燥させるために多くのエネルギーが使用されている。特に気温が低い冬季に、乾燥に使われる蒸気エネルギーが増加し、蒸気原単位が悪化する傾向となり、生産効率に影響を与える場合がある。従って、いかに蒸気原単位を低減できるかが生産性の向上及び、省エネルギーの重要な課題である。

本稿ではドライヤーの熱伝達効率の改善を目的に独自開発したファインスチーム<sup>TM</sup>技術を紹介する。本技術ではドライヤー内壁面に撥水性機能を発現させることで、蒸気凝縮水による液膜層の伝熱抵抗を低減し、熱伝達効率を改善する。その結果、平均3～10%の蒸気原単位を削減した。

本技術は導入の為に設備を停止する必要がなく、低投資且つ容易に生産性の向上及び、省エネルギー化を求めお客様ニーズに対応している。また、ボイラの水質やプロセスへの影響がないという優位性があり、薬注最適化のために自動制御装置を開発し、弊社の最新の水処理監視システム「S.sensing<sup>®</sup> WEB」と連携による見える化が可能となっている。

本技術は実機では単筒式ヤンキードライヤー及び多筒式ドライヤーで実証され、既に国内外50件以上の実機で適用されている。

(本文 31 ページ)

## 新型高効率ブロワによる消費電力の削減 —空気軸受式可変速単段ターボブロワ TurboMAX—

新明和工業株式会社 流体営業部  
増田剛士

大量の水を消費・廃棄する製紙産業にとって、排水処理費用の削減は大きな課題である。排水処理工程において、曝気ブロワは消費電力が大きく24時間連続運転であることが多いため、曝気ブロワの高効率化は排水処理費用削減に大きく貢献する。当社のターボブロワ「TurboMAX」はこのニーズに応える新型ブロワである。

TurboMAXは、空気軸受、永久磁石同期モータ、高効率インペラ、高速回転速度制御等の優れた技術を集結した新しいスタイルのブロワであり、全体構造はブロワ、モータ、インバータ、タッチパネルコントローラ、ブローオフバルブ（放風弁）がパッケージ化されている。最大の特長である空気軸受は、軸が軸受と非接触で回転するため、潤滑油が不要で、騒音・振動が極めて小さく、機械損失も発生しない。空気軸受に加え、インペラと軸の伝達効率100%、高効率インペラ、専用設計高効率永久磁石モータ、インバータによる自動制御機能を融合することで、高い総合効率を実現している。高効率以外にも低騒音・低振動、省メンテナンス、省スペース・軽量化といった特長を併せ持つ。

実例として某処理場でフィールド試験を実施し、ルーツブロワをMAX100-C060S1（75 kW）に置換えて効果を確認した。結果、24.5%消費電力削減、16 dB（A）騒音低減、25  $\mu$ m 振動低減、6°Cのブロワ室温度低減効果を確認した。また、2年間の試験期間でフィルタの清掃・交換以外のメンテナンスは発生していない。

TurboMAXは複数の製紙工場にも納入実績があり、省エネ効果等を確認している。これまでは、これらのブロワは排水処理用途のみであったが、近年ではフローテーターの空気供給用ブロワや、生産プロセスでの空気供給用ブロワといった排水処理の曝気用途以外での実績も増えており、良好な運転実績を確認している。更に複数台のブロワを制御する制御盤や、ブロワの運転データを遠隔監視・活用できるIoTの導入、長期間のサービスパック等、多様なニーズにお応えできる新商品もラインアップしている。

（本文 36 ページ）

## パルプ装置最適化のためのハネウエルの多変数モデル予測制御と そのライフサイクルマネージメント

日本ハネウエル株式会社 ハネウエル・コネクテッド・プラント  
瀬戸邦彦

近年になって国内紙パルプ産業においてもパルプ製造装置への多変数モデル予測制御の導入が始まっている。多変数モデル予測制御は導入した装置全体を安定して制御するとともに、最適化機能により自動的に最適運転を継続して実現する。このような目に見える収益改善効果があることにより、多変数モデル予測制御は国内を含めた世界中の装置産業の主要な装置で広く用いられている。国内装置産業ですでに長年に渡って使用され、海外のパルプ製造装置でも多数使用されているハネウエルが提供する多変数モデル予測制御「Profit Controller」について、コントローラそのものの技術的特長を簡単に説明するとともに、導入後の運用やモニタリングなどをサポートする機能や、将来のさらに大きなスコープの最適化への拡張性について紹介する。

また、多変数モデル予測制御が収益改善効果を産むのは導入時ではなく、導入後の運用時である。正しく運用・メンテナンスをされていない多変数モデル予測制御は収益改善効果が低下していき、いずれ使用されなくなってしまう。このような事態を避けるために導入時に運用などを含めたライフサイクルマネージメントについても考慮する必要がある。多変数モデル予測制御のライフサイクルの各ステージでの注意点を、豊富にある現在までの他産業での実績や経験を交えつつ解説する。また導入時や導入後のサポートなどに必要な体制について推奨例をもとに説明する。

（本文 41 ページ）

技術報文

## KP 洗浄工程での向流洗浄効果についての考察

横河ソリューションサービス株式会社 ソリューションビジネス本部 コンサルティング2部  
森 芳立

クラフトパルプ（KP）蒸解後の原料洗浄工程は、多段の洗浄設備で構成されている。KP 洗浄工程では、パルプ原料の洗浄と共に、パルプ原料に付着した高価な蒸解薬液の Na 成分を回収して薬液回収工程に返送して行くが、少量の清水で、この薬液成分を効率良く洗浄していくため、通常、向流洗浄方式が採用されている。

本報では、KP 洗浄工程の代表的な多段洗浄フローを取り上げ、各洗浄設備での薬液成分量の遷移についてシミュレーション計算できる簡単な数値モデルを提案すると共に、各洗浄装置の希釈係数（DF：Dilution Factor）と置換係数（DR：Displacement Ratio）を仮定した上で、洗浄設備の操業に当たって洗浄装置の希釈係数（DF）を変更した場合、そして、洗浄フローを、例えば、向流洗浄方式から並流洗浄方式に変更した場合、洗浄ろ液で回収される薬液分量、及び、パルプ原料に付着して回収されずに持ち去られる薬液分量、そして、その回収濃度が、どのように変化してくるのかについて数値計算で解析し、洗浄工程に従来から導入されている向流洗浄方式の有効性について調べた。また併せて、最経済的な希釈係数（DF）の操業点についてもシミュレーションを行った。

（本文 50 ページ）

## パルプ特集

- 1 第25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
- 3 世界チップ需給動向……………大森夏樹
- 7 産業植林の発展と課題  
—ブラジルにおけるパルプ企業植林の生産性向上の取り組み—……………大淵弘行
- 16 日本におけるパルプ技術の変遷……………岩崎 誠
- 23 DIP システム機器の紹介……………後藤隆徳
- 30 ブラジル / セニブラ社における晒工程の近代化……………山下 宏
- 34 漂白工程最適化制御システムの操業経験……………池田功介
- 38 晒工程での制御技術の変遷と今後……………森 芳立
- 53 原質工程におけるピッチ問題解決のケミカルアプローチ……………土井亮輔
- 58 未晒工程におけるパルプ洗浄効果について……………榎本幸典, 文原正和
- 63 黒液濃縮設備の基礎と運転管理のポイント……………中村宏平
- 68 ロータリーキルンの耐火物のトラブルとその要因について……………戸田 雅
- 72 古紙の国際リサイクル……………小島道一
- 77 クラフトパルプ工程での生産性向上のための最新ソリューションの紹介  
……………山本英男, 和田 敏, 小松 充, 村野正幸

## 研究報文

- 84 段ボール箱の圧縮強度予測手法の開発……………小林孝男
- 03 会告
- 82 知財散歩道(121)  
新入社員への特許教育での心がけ……………松村貴行
- 83 Coffee break  
新一万円札紙幣の肖像画に決定した「渋沢栄一」と製紙事業……………辻本直彦
- 99 パピルス  
段ボールについて……………山縣 茂
- 103 内外業界ニュース
- 108 協会保管外国文献標題
- 110 特許公報
- 120 全国パルプ材価格
- 121 統計
- 123 協会だより

## 世界チップ需給動向

住友商事株式会社 バイオマス原燃料部  
大森夏樹

近年のチップ需給は中国のパルプ生産量の急激な増加の影響などで従来から大きく変化してきている。需要面では 2018 年に中国が初めて日本を上回る世界第 1 位の輸入国となった。世界全体では、アジア地域で合計 27 百万 BDT（絶乾トン）、欧州地域を加えて約 30 百万 BDT の貿易量となり、チップ需要は史上最大数量を更新した。供給面でも 2018 年にはチップ 3 大供給国であるベトナム・豪州・チリでそれぞれ史上最高の輸出数量を更新したものの、3 ヶ国ともに今後の供給には不安を抱えており、先々のチップ需給はひっ迫気味に推移すると見込まれる。本稿ではチップ需給を需要面・供給面に分けて分析し将来の市況見通しを考察する。

(本文 3 ページ)

## 産業植林の発展と課題

ーブラジルにおけるパルプ企業植林の生産性向上の取り組みー

産業植林研究会 代表  
大淵弘行

ブラジルのパルプ産業が隆盛を極めている根源はユーカリ植林にある。ユーカリの原産地はオーストラリアであるが、1914 年に鉄道の枕木や橋梁材、機関車の燃料として導入された。1921 年に鉄鋼業が木炭高炉法を採用し、木炭用ユーカリの大規模植林が進んだ。1956 年にはパルプ原木として使用開始され、パルプ用植林も行われるようになった。

植林の基本は“適地適木”であるが、ユーカリはブラジルに適したものである。産業植林が目指すのは、“限られた面積で最大の収穫量を得る事”である。育種・育林技術に注力した結果、1970 年代の ha 当り年間平均成長量 (MAI) 25 m<sup>3</sup> が 2000 年代には 40 m<sup>3</sup> に増えた。

今回、ブラジル植林木産業連合会 (ibá) の立ち上げ、ブラジルでの遺伝子組換えユーカリの作出、および CENIBRA 社の植林事業について論ずる機会を与えて頂いたが、全て時代の要請を捉える方向に着実に歩んでいると評価したい。

(本文 7 ページ)

## 日本におけるパルプ技術の変遷

MIP コンサルタント事務所  
岩崎 誠

2017 年現在、日本は、1,460 万 t の紙と 1,193 万 t の板紙を、古紙（約 60%）と針葉樹と広葉樹パルプ（約 30%）と輸入パルプで賄っている。この原料パルプの配合に落ち着くまでに、種々の変遷があった。製紙用のパルプを作る技術は、主に、原料問題、紙パを取り巻く環境問題および紙に対する市場のニーズが大きく影響している。

本稿では、これらの影響が、どのようにパルプ化技術に影響し、現在のような世界に誇る製紙大国になったかを、第二次世界大戦後から 2010 年頃までに絞って紹介する。

(本文 16 ページ)

## DIP システム機器の紹介

株式会社 IHI フォイトペーパーテクノロジー プロジェクト営業部  
後藤隆徳

原質工程で求められている技術として、省エネルギー・品質アップ・歩留り向上などが挙げられる。近年の古

紙品質の悪化や電気料金の値上げといった製紙業界に関する条件が厳しくなっていることもあり、原質工程の効率化はDIPに限らず年々重要になってきている。

そうした中、システム全体の更新や機器の増設という考えではなく、限られた予算の中で各設備の主要機器や部品の交換によって省エネ・品質や歩留りのアップを狙うというニーズが年々増えている。DIPラインは、その複雑さから既設設備を調査及び診断することによって、より効率の良い設備に更新できる可能性を大きく秘めている。

そこで、原料古紙中に異物を多く含み、高歩留まりで高白色度の品質の高い製品を製造する場合のDIPシステムを例にとり構成する各工程の最新機器の技術について紹介する。

(本文 23 ページ)

## ブラジル / セニブラ社における晒工程の近代化

バルメット株式会社 営業部  
山下 宏

セニブラ社 (Celulose Nipo-Brasileira S.A.) では 1977 年の工場操業開始から稼働していた漂白工程 Line 1 を設備の老朽化、それに伴うメンテナンス費用の増加、生産性の低下への対策および漂白薬品・ユーティリティ原単位の改善を目的として、新しい漂白工程 Line 3 の建設を行った。バルメットはその新漂白工程 Line 3 に第五世代のプレス洗浄機 (Twin Roll Press Evolution, TRPE) をベースにしたプラント建設を請け負い、セニブラ社は 2018 年 4 月から実機運転を開始した。また、セニブラ社では、同じく漂白設備が老朽化した漂白工程 Line 2 の近代化改造のプロジェクトを計画し実施している。

本稿では、新漂白工程 Line 3 の建設において、漂白シーケンスの選定、洗浄機型式の採用、及び立ち上げた後の実機操業における各原単位の改善状況などについて紹介する。

(本文 30 ページ)

## 漂白工程最適化制御システムの操業経験

日本製紙株式会社 岩国工場 製造部 原質課  
池田功介

クラフトパルプ製造設備における漂白工程では、操業・品質の安定化により薬品コストの削減と運転員負荷軽減を同時に達成する自動制御化のニーズが高まっている。岩国工場は、5KP (LBKP) と 3KP (NBKP/LBKP スイッチング) の 2 系統のクラフトパルプ製造設備を有しており、今回設備導入した 5KP は 1,550 ADt/day の設備仕様能力を有している。漂白工程は製品銘柄に応じて完成原料の白色度とカップー価を A (酸処理) -D<sub>0</sub>-E/P-D<sub>1</sub> の 4 段シーケンスにより制御しているが、品質規格 (白色度下限) の遵守に伴い、高白色度となることが課題となっていた。これまでの操業では、反応タワー前後の白色度ならびにカップー価を基に運転員が二酸化塩素や過酸化水素などの薬品添加量を操作していたが、ハンチングと安全幅を考慮した薬品過剰添加と品質超過 (高白色度) が発生していた。

ハンチングは運転員の熟練度が高いほど小さくなる傾向があるため、膨大な情報を瞬時に処理できるモデル予測制御 (MPC) に、このノウハウを活かすことでハンチングを抑制した。安全幅は、薬品添加量を連続的にコントロールできないことに加えて、オンライン式の白色度計が工程の濃度変化や薬品などの外乱影響を受けやすく相対値での管理となることに起因しているため、MPC の導入に加えて、オンライン式の白色度計と併せて最新式のカップー価計に白色度モジュールを追加し、白色度を絶対値で管理することで安全幅を抑制した。

今回、Valmet APC Bleaching Optimizer (VBO) と KappaQC の導入により、完成原料白色度の標準偏差を 0.61 から 0.48 へと改善し、白色度下限値を下回ることなく完成原料白色度の平均値を 0.5 point 低減した。この結果、二酸化塩素を 12%、苛性ソーダを 29%、過酸化水素を 37% 削減した。本稿では、VBO と KappaQC の導入から安定操業に至る経験について報告する。

(本文 34 ページ)

## 晒工程での制御技術の変遷と今後

横河ソリューションサービス株式会社 コンサルティング 2 部  
森 芳立

紙パルプ製造工程の晒工程を対象に、まず一番、重要な制御機能として使われる PID 制御（P：比例，I：積分，D：微分）の各制御動作の基本について説明，PID 制御によるプロセスの制御応答の変化について示しながら，比例ゲイン，積分時間，微分時間のチューニングの重要性について述べる。

また，PID 制御は非常に有用な制御機能であるが，例えば，晒工程のようにむだ時間がとても長いプロセス，そして，制御応答が相互干渉し合う複雑な反応を示すプロセスに対し，その機能上，制御性能面で弱点を持つことを示し，それらの問題点を回避するため取組まれてきた対策について紹介する。パネル計装時代以来，そして，1980 年代末からの DCS（Distributed Control System）で取組まれてきたカスケード制御，統計解析で導出した重回帰モデル式を用いた晒アドバンス制御，そして，1970 年代後半のパネル計器や 1980 年代末からの DCS に，プロセスコンピュータを接続した上位計算機導入による多入力出力の晒フィードフォワード制御の取り組みについて，そして，2000 年代初頭から日本の紙パルプ産業でも取組まれ始めた多入力多出力の多変数制御を用いた PC によるモデル予測制御（MPC：Model Predictive Control）の取り組みなど，晒工程に適用されてきたプロセス制御技術の変遷について述べる。また，晒制御に使われる精巧な種々の特殊センサーに発生したトラブル，そして，モデル予測制御で併用されるソフトセンサーについても紹介する。最後に，現在，産業界で進展中の IIoT（Industrial Internet of Things）技術，機械学習技術，人工知能（AI）技術などについても触れ，これら新技術の今後の晒制御への適用についても考えて行く。

（本文 38 ページ）

## 原質工程におけるピッチ問題解決のケミカルアプローチ

株式会社日新化学研究所 研究部  
土井亮輔

製紙工程におけるピッチによるトラブルは，紙の生産性を損ない，操業性の悪化につながり，そして紙の品質低下を引き起こす。例えば，DIP 工程フローテーションにおいて効率よく粘着物の除去が出来なければパルプ品質を損なう可能性がある。また，KP 工程における洗浄工程にて効率よくパルプ由来のピッチを洗浄出来なければ，漂白薬品の増加，抄紙工程でのトラブルを誘引する可能性がある。さらに KP 工程で使用する消泡剤が適切でない，最適な添加場所でない場合，系内のパルプの集積化など生産性の悪化に繋がる可能性がある。近年の製紙業界では，古紙利用率，植林木利用率の増加，また系内クローズド化によって，粘着物によるピッチトラブルが増加傾向にあり，安定操業・品質向上を目指す製紙技術者にとって大きな課題のひとつとなっている。原質工程における従来のピッチコントロール方法はマイクロタルク，界面活性剤，アニオン，カチオンポリマーの使用が一般的であり，低コストで高い効果が得られている。しかしながら昨今では，更なる品質，生産性向上に対する要求が高まっており，従来のピッチコントロール方法では満足いく結果が得られないケースが多く，新たな対策方法が求められている。

弊社は昭和 23 年に製紙用薬品を全国の製紙会社に供給開始して以降，お客様と共にピッチトラブル改善に取り組み，お客様工程毎のカスタマイズ製品を多数取り揃え，ピッチトラブル解決のケミカルアシスタントとして今日に至っている。

本稿では原質工程におけるピッチコントロール方法について弊社の取り組みについて述べる。

（本文 53 ページ）

## 未晒工程におけるパルプ洗浄効果について

株式会社片山化学工業研究所 技術開発部 紙パルプチーム  
榎本幸典  
片山ナルコ株式会社 PS 事業部 第3営業部  
文原正和

パルプの効率的な洗浄はパルプ製造工程において重要性を増してきている。パルプの洗浄工程では、蒸解工程で使用される薬品の回収とともに後段である酸素脱リグニン工程や漂白工程で不要なその他抽出物やリグニンなど非繊維物質のパルプ繊維からの分離・除去が行われる。近年は新聞用紙や印刷用紙の需要減少が続いており、各製紙会社では生産性の向上が求められている。例えば、原料チップを最大限有効利用する為に、連続蒸解釜の釜底からブローされるパルプのカッパー価を上げた操業が挙げられるが、パルプは最終的に求められる白色度まで漂白する必要があり、この操業方法では漂白薬剤の使用量が増加してしまう傾向にある。

未晒工程でのパルプ洗浄を効率的に行うことで、洗浄水や漂白薬剤の使用量削減及び酸素脱リグニンの反応効率向上等が可能と考えられる。我々のパルプ洗浄剤を用いることでパルプ濾水性の向上とリグニン断片やピッチなど疎水性物質の洗浄・除去が可能となる。パルプ濾水性の向上により、効率的な置換洗浄やDFの低減が期待出来る。洗浄水量の低減は回収ボイラーへ送られる処理黒液の固形分濃度を上昇させ、エネルギー効率を改善する。また、疎水性物質の効率的な除去は、酸素脱リグニン工程の効率向上や漂白薬剤使用量の削減を可能にし、また、発泡性物質を低減することが出来れば、消泡剤使用量の削減にも繋がる。パルプ洗浄剤を適用した海外事例と日本市場向けに新たに改良した製品についてご紹介する。

(本文 58 ページ)

## 黒液濃縮設備の基礎と運転管理のポイント

住重プラントエンジニアリング株式会社 環境技術部 蒸発グループ  
中村宏平

黒液は固形分濃度 70%程度まで濃縮することにより、回収ボイラにて自燃することが可能となる。温水洗浄工程から排出される黒液は濃度 16-22%であり、回収ボイラでの熱回収効率をあげるために、黒液濃縮設備にて濃縮される。黒液濃縮設備 (V/E : Vacuum Evaporator 真空蒸発設備) は、処理液を加熱することにより処理液中の水分を蒸発・分離する設備である。

1970 年代以前は、チューブ式の蒸発設備が主流であったが、黒液を濃縮する際のスケールが顕著であった。1970 年代からは、耐スケール性に強みをもつプレート式の蒸発設備が導入され、安定操業と黒液の高度濃縮が実現されてきた。

本稿では、プレート式蒸発設備である住友エバポレータの特徴等を紹介すると共に、黒液濃縮設備の原理や多重効用蒸発設備の考え方及び操業のポイントについて紹介する。

(本文 63 ページ)

## ロータリーキルンの耐火物のトラブルとその要因について

美濃窯業株式会社 技術研究所  
戸田 雅

製紙工業におけるロータリーキルンは、苛性化工程から発生した炭酸カルシウムを回収し、再び苛性化工程に使用するため生石灰に再生する設備であり、石灰泥回収キルンなどと呼称される。ロータリーキルンとは円筒状の長さが最大 100 m を超える胴体を 3~5 つからなる支点によって支えられて回転する設備である。ある一定の傾斜角をもって設置されており、操業中は絶えず回転することで炉内処理物が inlet 側から outlet 側まで時間をかけて流れ、outlet 側に設置されたバーナーによって炉内処理物は outlet 側に進むにつれて熱交換が行われる。ロータリーキルンの鉄皮が高熱に曝されるのを防ぐためにキルンの内側には耐火物が施工されているが、

様々な要因によって耐火物の損耗が進行する。その中でも耐火物の大きな損耗に繋がった例として熔融による損耗および機械的スポーリングによる損耗例について実例を交えて報告する。熔融による損耗は耐火物の液相生成温度を超えることのほか、炉内処理物やその他燃料由来等の外来成分との反応によって低融点鉱物を生成することで生じるため、耐火物の耐火度を向上するほか、耐火物を構成する主成分を変更することが対策となる。機械的スポーリングはロータリーキルンのような可動炉特有の損耗形態であり、外部からの応力のよって生じるため、ロータリーキルンの荷重バランスなど機械的なメンテナンスを講じることが対策となる。

(本文 68 ページ)

## 古紙の国際リサイクル

東アジア・ASEAN 経済研究センター  
小島道一

この 30 年間に古紙利用率が大幅に向上し、中国は古紙の最大輸入国として大きな役割を果たしてきた。しかし、2017 年 7 月、中国は、2017 年末に古紙の輸入制限を厳しくする方針を発表した。輸入ライセンスの発行を抑え、また、輸入を認めている古紙についても夾雑物の割合に関する基準を厳しくした。さらに、さまざまな種類の古紙が混ざっている「その他古紙」の輸入を禁止した。これらの中国の輸入制限より、古紙の国際貿易は大きく変化している。本稿では、最近の古紙貿易フローと、古紙輸入に関する中国の規制について概観した。

(本文 72 ページ)

## クラフトパルプ工程での生産性向上のための 最新ソリューションの紹介

栗田工業株式会社 ソリューション推進三部  
山本英男, 和田 敏  
栗田工業株式会社 開発第一グループ  
小松 充  
栗田工業株式会社 紙パ営業部  
村野正幸

近年の低迷する紙需要を受けて、各製紙会社には生産性の向上、コストダウン等による収益性の改善が益々求められている。クラフトパルプ化工程においても、不均質な原料の使用、省薬品、省エネルギーによる操業を行う必要があり、それに伴うさまざまな課題が顕在化している。本稿ではその中でピッチ成分、パルプの白色度、シュウ酸カルシウムスケールについてのソリューションを紹介する。

原料由来のピッチ成分については新たに開発したピッチコントロール剤により、パルプの脂肪酸、樹脂酸等を剥離することで溶媒抽出量、チリ数が低減することを確認した。消泡剤由来のピッチ成分については黒液中で安定性が高い商品を開発し、黒点を大幅に低減することができた。パルプの白色度についてはリグニンを脱離し再付着を防止する洗浄剤で白色度が向上することを確認した。シュウ酸カルシウムスケールについては、スケール防止剤の最適化により高 pH 下での性能を強化し、実機での連続操業期間を大幅に伸ばすことが出来た。

これらの事例をはじめとする弊社の最新ソリューションによって、お客様の抱える課題を解決し、生産性の向上と安定操業の確保を達成することで製紙業界に貢献していきたい。

(本文 77 ページ)

### 研究報文

## 段ボール箱の圧縮強度予測手法の開発

王子ホールディングス株式会社 パッケージング推進センター  
小林孝男

最適な段ボール箱の仕様を決定するには、多くの試作と実験を繰り返すため、箱圧縮強度の事前予測ができれば

開発期間短縮も可能となる。そこで、非線形有限要素解析を用いた、段ボールの箱圧縮強度の予測手法について検討を行った。箱圧縮試験を模したシミュレーションでは、簡易的に段ボールをシェル要素でモデル化可能と仮定した。幾何学的非線形と材料非線形（弾塑性）を考慮し、分岐座屈や初期降伏、材料破壊などを経て、実際の試験同様、荷重－変位曲線の極大に至る現象を再現した。物性値として、段ボールシートの垂直圧縮試験で得られた応力－ひずみ曲線のデータや、罫線軸回りの回転剛性を入力することで、座屈形状（座屈モード）や手穴の有無による箱圧縮強度の差異を実験結果と一致させることができた。検討の結果、箱圧縮強度に影響を与える因子としては、(1)段ボールシートの垂直圧縮強度、(2)箱コーナー部の曲げ剛性、(3)座屈モード、(4)箱の形状、などが考えられる。本報により、数値シミュレーションによる箱圧縮強度の推定は、箱仕様の最適設計や新製品開発の納期短縮を実現する手段として有効であることが証明できた。

(本文 84 ページ)

## 製紙技術特集 I

- 
- 1 第24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 最新の古紙処理技術  
—最新の原料調整設備の紹介—……浦田治朗
- 14 運転コストの低減, 紙品質の最適化および安定操業に寄与するインテリジェント  
リファイニングの提案……藤木恵一, ユハ ベッカ フータネン
- 23 繊維回収装置 (バーチカル Z) の操業経験……宮田英人
- 26 内添サイズ剤とその技術動向……宮本和也
- 
- 総説・資料 33 八代工場 N2M/C ブロワ吸引型カンバスクリーナーの操業経験……五十嵐一穂
- 38 2019年ナノテクノロジー国際会議 (TAPPI Nano 2019) 参加報告……宮西孝則
- 
- 工場紹介 (80) 45 北越コーポレーション株式会社 特殊紙事業本部 長岡工場
- 
- 48 紙パルプ技術協会第72回定時総会報告
- 
- 03 会告
- 44 Coffee break  
皆が事業経営者になる時代 翻訳評価者の視点から……池田晴彦
- 78 パピルス  
最近の注目特許
- 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
-

## 最新の古紙処理技術

### —最新の原料調整設備の紹介—

相川鉄工株式会社 技術部  
浦田治朗

中国の古紙調達方針の変更や米中間の貿易摩擦といった外的要因により、日本国内の古紙調達事情は大きく左右される状況となっている。2020年までに中国では固体廃棄物0を目標とする方針も発表しており、良質古紙は不足し未選別古紙は過剰気味となる可能性が高い。新聞古紙は発行部数の減少により入手が困難になってきている。この様な状況下、従来よりも低グレードの古紙の使用頻度が多くなると予想する。

低グレード古紙を使用した場合でも、古紙処理設備では製品品質を維持する事を求められる。加えて混入する異物量の増加に対し、安定操業できる設備である事も重要である。国内の製紙工場は合理化が進んでいる反面、想定外の異物混入により製品品質に大きな影響を及ぼす場合がある。低廉古紙対策として、日本よりも異物含有量の多い古紙を使用している海外古紙処理設備が参考となると考える。

当社では複数の海外古紙調整プラントを手掛けてきた。その実績、経験及び蓄積されたデータの解析により開発された、複数の低グレード古紙対策の新技术を有している。

離解工程では異物除去効率に優れた連続式デトラッシュシステムを有する低濃度パルピングシステム及び省エネルギーローターマキシローターの導入により、60 m<sup>3</sup>クラスのパルパーに於いて段古紙処理で950 T/Dの製品生産量を安定して供給している。除塵工程では最新型粗選末端スクリーンとして原料歩留りに大きく貢献したマキシトラッシャーシステムと重量異物除去に優れたクリーナーシステムにより、要求される製品品質をクリアしている。叩解工程では20%を超える省エネルギーを達成したファインバーとファインバーの製造コスト低減、長寿命化する方法を開発した。

これらの新技术により、日本国内でも低グレード古紙対策の一翼を担えると確信する。

(本文4ページ)

## 運転コストの低減、紙品質の最適化および安定操業に寄与する インテリジェントリファイニングの提案

バルメット株式会社 製紙技術部  
藤木恵一  
バルメット テクノロジーズ  
ユハ ペッカ フータネン

紙料調整におけるリファイニング工程は紙および板紙原料の特性を形成する上で大事な役割を演じる。リファイナ装置において、適切な繊維の処理は抄紙機の運転性および最終製品である紙の品質に多大なる影響を与える。実機の運転およびパイロットマシンテストを含む長年に亘る各種リファイナの経験を元に、バルメット社は原料処理効率を次世代レベルに高めたリファイニング工程を開発した。

開発の主目的は、運転コストを低減すること、および要求される紙品質を維持しながら利益を向上することにある。この目的を達成するための三つの土台がある。第一の土台はリファイニング装置そのもので、処理能力の大きいOptiFiner Proの採用にある。例えば、所定のリファイニングエネルギーを与えられた状況で、繊維はどのように処理されるのかが重要なポイントである。第二の土台はオートメーションで、人手を介さずどのように原料特性を自動計測するのか、またマシンチェスト後の原料特性を予想するモデルをどのように構築するのか重要なポイントである。第三の土台はIndustrial Internetの適用で、これはオンラインでのデータ授受を元にした対話を可能性にする。オンラインでのデータ対話は、従来以上に製造工程を安定化すること、および問題発生時の解決時間を劇的に短縮することに寄与する。また、素早いトラブルシューティングを提供し、製造工程の最適化をサポートする専門家を有するバルメット社パフォーマンスセンターへの接続も可能である。

バルメット社紙料調整装置パイロットマシンはメカニカルパルプ、リサイクル繊維、紙料調整およびパルブドライニングに関し完全なテスト環境を提供する。これは顧客独自の製造工程を模擬したテストを可能にすると共

に、製品向上のための包括的な基本情報を提供することが出来る。

数多くの実機の導入事例が、リファイニング工程の改善が最終製品である紙の品質を改善し、エネルギー効率を改善することを証明している。その電力コストの低減能力は熟考に値する。一台の新型リファイナで二台の従来型リファイナを置き換えた事例では、40%もの消費電力が低減されている。

本論文では、工場における実機経験および運転状況結果を元に、リファイニングの改善、オートメーション基盤および Industrial Internet 適用性について詳細に記載する。

(本文 14 ページ)

## 繊維回収装置（バーチカル Z）の操業経験

王子マテリア株式会社 大分工場  
宮田英人

大分工場は、1・3・5 マシンの3台の抄紙機を有し、ライナー原紙・石膏ボード原紙・白板紙・紙管原紙・色板紙の多種多様の製品を生産している。これら3台のマシンで発生した排水は、工場内の活性汚泥にて処理をしているが、活性汚泥処理前段のSS処理設備がなく社内他工場と比較して排水原水SS濃度が高く、総歩留低下の要因の一つであった。

また、各マシンの抄物構成によって、SS濃度が変動し、活性汚泥処理安定化が課題であった。

今回導入した株式会社大善社製「バーチカル Z」は、縦型のスクリーンのような構造となっており、本体下部が入口、本体胴部より処理水が排出、上部から回収された繊維分が排出される構造となっている。機器内部は、本体ケーシング内側にφ0.3 mmの孔が無数にある「ドラム」と、軸に送り羽根及び攪拌羽根がついた「シャフト」で構成されている。ドラム内に通した白水は、シャフト、ドラムの回転によって、繊維分、処理水に分離される仕組みである。バーチカル Z 導入することにより、排水原水中の繊維分を95%削減することができ、また、灰分を含むSS濃度についても、37%削減することが出来た。

本稿では、バーチカル Z 導入に伴う排水原水SS濃度低減によって、大きな歩留まり改善効果を得ることができた事例について報告する。

(本文 23 ページ)

## 内添サイズ剤とその技術動向

星光 PMC 株式会社 製紙用薬品事業部  
宮本和也

内添サイズ剤として代表的なロジンサイズ剤、AKD（アルキルケテンダイマー）サイズ剤、ASA（アルケニル無水コハク酸）サイズ剤の特徴、および技術動向について紹介する。

ロジンサイズ剤はサイズ性能の向上や、弱酸性～中性領域でのロジン成分の溶出を防ぐために強化反応や疎水変性が行われている。また、ロジンサイズ剤はアルミニウムイオンとの反応によりサイズ性能が向上するため、効率的なサイジングには硫酸バンドの有効バンド指数（＝バンドの電荷×バンドの歩留）を考慮する必要がある。AKD サイズ剤はサイズ度の立ち上がりが見られ、紙のサイズ度管理が難しいという問題があるが、抄紙系を適切な pH、アルカリ度にする事で効率的なサイジングや立ち上がりの改善が認められる。ASA サイズ剤は容易に加水分解し、加水分解物が汚れの原因となるため、加水分解を抑制しつつ効率的にパルプ繊維に定着させることが重要となる。

近年は省資源化、コスト削減のために古紙利用率の増大や抄紙用水のクローズド化などにより製紙用薬品のパルプ繊維への定着や機能発現が阻害されやすい状況となっている。このような状況下では定着剤の使用や、サイズ剤の近傍に硫酸バンドを添加し、活性な硫酸バンドを有効利用するなど、ウェットエンドで使用される薬品全体での処方改善も必要となってくる。

(本文 26 ページ)

---

## 八代工場 N2M/C ブロワ吸引型カンバスクリーナーの操業経験

---

日本製紙株式会社 八代工場 製造部  
五十嵐一穂

日本製紙株式会社八代工場は、日本三大急流の一つである球磨川と、九州山脈、八代海といった豊かな自然を擁する八代市に所在している。当工場は九州地区にある当社唯一の工場である。新聞用紙、印刷用紙、情報用紙を生産しており、パルプからの一貫生産を行っている。抄紙機は4台有しており、年間生産量は約50万tである。そのうち新聞用紙は国内最大級のN2M/Cで年間約24万t生産し、九州地区の新聞用紙の約70%を供給している。

今回紹介するN2M/Cは、1998年に稼働したツインワイヤー多筒式の新聞用紙専抄マシンである。ワイヤー幅は9,050mm、最大抄速は1,700m/minであり、デュオフォーマーCFD、シュープレス、オールシングルドライヤー、親巻自動搬送装置を設置するなど当時の最新技術を導入した生産性の高いマシンである。また、品質面でも印刷作業性、カラー印刷適正等、お客様から高い評価を頂いている。

N2M/Cでは、ピッチ・ドライ系欠陥損紙を削減するため、国内洋紙マシンでは初となる最新カンバスクリーナー（相川鉄工製スーパークリーナー）を2016年に1群～3群カンバスに設置した。

本稿では、N2M/Cの設備概要と、最新カンバスクリーナーの操業経験および効果について報告する。

(本文 33 ページ)

---

## 製紙技術特集Ⅱ

	2	クリタの S.sensing <sup>®</sup> 技術による抄紙ウエットエンド水質管理と操業安定化 ……賀川泰裕, 桂 仁樹, 駿河圭二, 三枝 隆
	7	ウエットエンドプロセスにおけるスマート制御の可能性……清水良三
	12	ウエットエンドにおけるオートメーション技術の最新動向 —製紙工場の操作性および信頼性を向上させる先進的分析— ……ヤリ・アルミ, サミュリ・レヒトネン, 石原健一
	17	スライムコントロール剤と歩留りシステムによる抄紙マシンの汚れ対策 ……木村 雄
	24	カラー印刷に適した高白色度・高不透明度の中性新聞用紙 —製紙技術セミナー—……宮西孝則
	27	日本・中国・アメリカ他におけるウエットエンド薬品事情……糸瀬龍次
	33	調成・ウエットエンドにおけるピッチ問題解決への包括的ケミカルアプローチ ……姫井康年
	38	アプローチフローシステムの変遷と最新技術……田中正守
	45	米子工場 N-1M/C アプローチ廻りの品質改善……下地 力
総説・資料	49	木本バイオマスを原料とするセルロース系エタノール生産技術開発 ……古城 敦, 関沢真吾, 安住尚也, 塚本 晃, 池水昭一, 井手浩平, 兼澤みゆき, 福田 明, 上村 毅
	54	ドライヤーシリンダー用非粘着コーティング「DryOnyx H」 —Valmet 社 (フィンランド) 技術の日本での展開—……安尾典之, 岩根公明, 井上大介
	60	プロセス最適化と制御のための規格に準拠した紙・パルプ試験 —ローレンツェンアンドベットレーの新世代の全自動紙質試験機とオンラインパルプ 測定器—……山崎光洋
	66	イオンクロマトグラフィーによる微量イオン分析 ……武井俊達, 友田生織, 田原江利子, 近藤光隆
	71	会社紹介・製品情報 (41) 川崎重工業株式会社
シリーズ: 大学・ 官公庁研究機関の 研究室紹介 (130)	80	三重大学 大学院生物資源学研究科 資源循環学専攻 森林資源環境学講座 木質分子素材制御学研究室 (野中研)
研究報文	83	光反射特性から導くパーリンノイズによる紙表面形状の数理モデル ……井上信一, 牧 正矩, 津村徳道
工場紹介 (81)	98	王子製紙株式会社 日南工場
	03	会告
	79	知財散歩道 (122) スポーツにおける新技は特許になるのか……楚山智彦
	82	Coffee break アメリカ南部横断レンタカーの旅 (その 4) ……豊福邦隆
	103	パピルス キッチンナノファイバーを活用する海洋生物……野一色泰友
	106	内外業界ニュース
	111	特許公報
	121	全国パルプ材価格
	122	統計
	124	協会だより

## クリタの S.sensing<sup>®</sup> 技術による 抄紙ウエットエンド水質管理と操業安定化

栗田工業株式会社 ソリューション推進三部  
賀川泰裕, 桂 仁樹, 駿河圭二, 三枝 隆

抄紙プロセスで使用されている多量の水は、原料古紙の変化や抄紙条件の影響を受け、水質が大きく変動する。しかし、水質が変動しているにも関わらず、水処理薬品は一定量で使用されている。このため、悪化した水質に対応出来ず、操業の不安定化や製品品質へ影響を与えてしまうケースが少なくない。

当社は、この水質変動に着目し、水質と操業との相関解析から最適な水質管理・薬注入制御を行うことで、操業安定化に貢献する新システム「S.sensing<sup>®</sup> システム」を開発した。

S.sensing<sup>®</sup> システムは主に3つの機能を有している。1つ目はリアルタイムに水質状況を監視し、過去からのデータを蓄積出来る点である。これにより、問題発生時の水質や、連続的な水質変化を可視化することが出来る。2つ目は水質と操業の相関関係を解析し、最適な水質指標を構築出来る点である。3つ目は、最適な水質が維持管理出来るよう薬剤の制御添加を行う点である。これにより、様々な影響による水質変化を迅速に察知し、管理することで操業安定化に寄与出来る。

本報では、S.sensing<sup>®</sup> システム適用による水質と操業の関係解析から、水質をコントロールすることでウエットエンドの改善が図れることが確認された。さらに、S.sensing<sup>®</sup> システムを排水工程まで適用拡大することで、工場全体の水質維持管理を行い、操業安定化に貢献した事例を紹介する。

(本文2ページ)

## ウエットエンドプロセスにおけるスマート制御の可能性

株式会社 IHI フォイトペーパーテクノロジー プロジェクト営業部  
清水良三

これまでの紙の強度の計測方法は、枠替え後に巻取の表層からサンプリングしたシートを、試験室においてオフラインで破壊検査を実施する。したがって、計測結果を操業に反映させてその結果を得るまでに1時間近くのタイムラグが発生する。出荷製品の品質目標値を確実に保証するには、操業での設定値を高めに設定することで対応しているが、薬品や原料配合で過剰な浪費つまり無駄が発生する。品質目標値の許容範囲を超えて問題が発生してから対応するまでに生産している製品は損紙扱いとなるため、生産効率を下げる要因である。

バーチャルセンサは、プロセスデータ・機械データ・試験データの解析処理とモデル化（静的・動的）によって、様々な品質管理値をオンライン予測して数値化できる技術である。リアルタイムでの品質管理ができるため、過剰な運転コストの削減と生産性向上が期待できる。スマート制御モジュールと組み合わせるとオンライン制御することは、安定操業による安全確保や性能改善も提供できる。

理論や経験に基づいて相関関係のあるプロセスデータだけを利用するのではなく、全てのプロセスデータ・機械データ・試験データから相関性の高いデータを見つけ出してモデルに反映させるので、非常に高精度なモデルが構築される。基本的に全ての品質管理値をバーチャルセンサとしてモデル化することが可能である。強度以外にも透気度・カール等で実績があり、強度は破裂強度（バースト）・層間強度（プライボンド）・曲げ剛性（ベンディング）・SCT・CMT など様々な紙種に必要な管理値に対応している。

(本文7ページ)

## ウェットエンドにおけるオートメーション技術の最新動向 —製紙工場の操業性および信頼性を向上させる先進的分析—

バルメット社 フィンランド インダストリアル・インターネット, ディレクター  
ヤリ・アルミ  
パフォーマンス・オペティマイゼーション, ディレクター  
サミュリ・レヒトネン  
バルメット株式会社 オートメーションビジネスライン  
石原健一

インダストリアルインターネットは、データを安全に評価し、それをパルプ、紙およびエネルギー生産者のための貴重な資産に変えるための現代のイネーブラーである。これにより製造者は、工場のプロセス作業、品質および収益性を安定させ最適化することが可能な有効な決定および修正を行うことができる。特に重要なのは、インターネットやクラウドコンピューティングにより、こうしたデータが容易に移送できるため、パルプ、紙およびエネルギープロセスのスペシャリストはプロセス、安定性および経済的操業の状況を、素早く確実に評価することができる。その結果、性能が向上することになる。

(本文 12 ページ)

## スライムコントロール剤と歩留りシステムによる 抄紙マシンの汚れ対策

ソマール株式会社 技術本部 技術開発部  
木村 雄

近年、環境負荷低減のために古紙配合率や水の再利用率が上昇しており、抄紙マシン内は古紙由来の汚れの増加、内添薬剤の歩留り低下による増添などにより、以前よりも操業トラブルが発生しやすい状態になっている。弊社では微生物が介在する汚れの対策としてスライムコントロール剤の「キュアサイドシステム」、内添薬剤やピッチ成分による汚れ対策として歩留り剤・凝結剤システムの「アクシーズシステム」を展開しており、微生物・非微生物の両面から抄紙マシン内の汚れを低減させるための薬剤開発を行っている。「キュアサイドシステム」は次亜塩素酸ナトリウムと反応させる無機タイプのスライムコントロール剤であるが、殺菌成分として「無機成分」だけでなく「有機成分」を発生させることや、次亜塩素酸ナトリウムと混合した直後に添加できる特徴により、非常に高い殺菌効果を発揮することができる。「キュアサイドシステム」を使用することで、白水中の微生物数を大きく低下させ、微生物によって発生していた紙面欠陥やタンク汚れを低減することができた。非微生物由来の汚れ対策としては「アクシーズシステム」の高機能アニオン性歩留り剤「リアライザー FX77」を紹介する。「リアライザー FX77」はポリマー構造等を大きく見直し、ポリマーにせん断力（シェアー）がかかり分子量が低下した状態でも歩留り向上効果を発揮しやすい「リアクティブポリマー」の技術を導入したことで、内添薬剤の定着性を改善し、サイズ剤由来成分が検出された紙面欠陥数を大幅に低減することで抄紙マシンの操業性を向上することができた。

(本文 17 ページ)

## カラー印刷に適した高白色度・高不透明度の中性新聞用紙

紙パルプ技術協会  
宮西孝則

著者らは日本製紙の研究所においてウェットエンド科学の基礎的な実験を行って知見を蓄積し、製紙工場の大規模ツインワイヤー抄紙機（年産 10 万トン）を用いて第一回実機テスト（12 時間）を実施し、オンサイト PCC（沈降性軽質炭酸カルシウム）を高配合した中性新聞用紙が技術的に製造可能であることを示した。しかし印刷所において紙粉トラブル（リンティング）が発生し実用化には至らなかった。

そこで研究所にてブリューフバウ印刷テスト及び電子線マイクロアナライザー（EPMA）と電子顕微鏡

(SEM) による観察を行ってリンティングと紙層構造を調べた。その結果、抄紙機ワイヤー上の紙層形成過程において、PCC 粒子が機械的な濾過作用により紙の表層に不均一に留まり、それが印刷工程で剥離して紙粉トラブルを起こしたと推定された。

次にラボ実験にて対策を検討し、第二回実機テスト（23 時間）に踏み切った。オンラインゼータ電位測定装置で連続的に抄紙機のヘッドボックス原料を測定し、ゼータ電位を高分子歩留剤の効果が発揮できる範囲にコントロールした。ヘッドボックス pH は 7.5 ～ 8.0 の範囲で安定し、機械パルプのアルカリ焼けによる白色度低下、断紙、発泡、ピッチトラブルなどは発生せず操業は順調であった。歩留り剤の効果により微細繊維と PCC のファーストパスリテンションが向上し、紙の表裏差と印刷所でのリンティングは解消し、地合いが良く、インキ転移、裏抜けなどの印刷品質に優れた、高白色度で高不透明度のカラー印刷に適した中性新聞用紙を開発した。

得られた知見を他の抄紙機にも適用し、数多くの出版用紙を生産する日本製紙石巻工場を完全中性化し、安価で高白色度のオンサイト PCC を配合してパルプと高価な填料を減配し大幅なコストダウンを達成した。

このようにウェットエンド科学を用いた解析技術は、紙の抄造の基盤技術として多くの製紙工場で幅広く活用されている。紙パルプ技術協会は次世代に紙パルプ製造技術を継承するためシニア世代の会員に紙パ技協誌への報文投稿を呼びかけている。本報告がその一助になれば幸いである。

(本文 24 ページ)

## 日本・中国・アメリカ他におけるウェットエンド薬品事情

ハリマ化成株式会社 製紙用薬品事業カンパニー 東南アジアブロック営業課  
糸瀬龍次

ハリマ化成は、日本、中国、アメリカ（米国）、および東南アジアにおいて、品質要求や FDA などの環境規制に対応した製紙用薬品を販売している。本報では、その国および地域における製紙業界の動向や原料事情を捉えながら、製紙用薬品であるウェットエンド薬品の概要、およびウェットエンド薬品事情を報告する。また、当社の主要ウェットエンド薬品である PAM 系紙力剤やロジンサイズ剤 Co-mingle システム<sup>®</sup> について、その特徴および効果・メリットを紹介する。

近年、インターネットの普及による通販の物流増加が製紙業界においても大きな影響を及ぼしており、印刷用紙等の紙消費の減少に対し、梱包資材である板紙需要が増加している。その板紙生産量は各国の貿易政策や直近の米中貿易摩擦により影響を受け、原料事情に大きな変動がある。また製紙用薬品の動向はその原料事情により影響を受け、原料古紙の確保激化、古紙リサイクル回数の増加による繊維劣化や灰分増加によりウェットエンド薬品の効果に悪影響を及ぼす。そのような状況の中、品質である紙力強度やサイズ度は重要であり、その紙力剤やサイズ剤は機能性だけでなく、生産性向上に寄与しなければならない。紙力剤として使用される澱粉は安価であるが、ワイヤー上での濾水性は悪く、生産性や環境負荷の悪影響がある。今後、さらに古紙使用率の増加、原料強度の劣化に伴い、当社は効果的な PAM 系紙力剤やロジンサイズ剤の適用を提案し、原料事情やウェットエンド事情を把握し、加えてマシン操業条件の最適化によりウェットエンド薬品の効果を最大限に発揮し、顧客の要望である品質や生産性向上に応えていく。

(本文 27 ページ)

## 調成・ウェットエンドにおけるピッチ問題解決への 包括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  
姫井康年

近年の製紙業界では、古紙利用率の増加、また系内クローズド化によって、古紙に含まれる粘着物を主要因としたピッチトラブルが増加している。また、製品の多様化、薄物化など、紙・板紙ユーザーの様々な要求もあり、安定操業・品質向上を目指す製紙技術者にとって大きな課題のひとつとなっている。

ピッチ問題への取り組みに関する考え方として、弊社では以前から「NISSIN-Pitch Control Method

(NISSIN-PCM)」というものがあり、ピッチ問題に取り組む上で、弊社が最も重要と考えているものである。ピッチ対策としては、「ピッチを系外に排出する」、「ピッチを紙中に抄き込む」、「マシンに付着させない」、この3つの方法が挙げられる。

NISSIN-PCMの前段階である「ピッチを系外に排出する」、「ピッチを紙中に抄き込む」方法としては原質工程において内添薬品にて対応している。

本稿では NISSIN-PCM の最終段階となる「マシンに付着させない」すなわちウエットエンドでの弊社取り組みについて、弊社が開発した外添薬品である「ハイタッチ FR」、「ニュートロン」、「ハイタッチ SPH」シリーズについての開発コンセプト、ならびに効果発現メカニズムを含め紹介する。

(本文 33 ページ)

## アプローチフローシステムの変遷と最新技術

株式会社 IHI フォイトペーパーテクノロジー プロジェクト営業部  
田中正守

アプローチフローは抄紙工程直前にある、抄紙機の操業や製品の品質に大きな影響を及ぼすシステムのひとつである。ここでは主に脈動対策、濃度ムラ対策、混入エア対策が必要とされている。最新のシステムではこれらの対策に加え、省エネ・省スペースといったメリットも得られるような改良が加えられている。

原料同士を混合させるミキシングタンクでは、スタティックミキシングを併用することでタンク容量を最大 70%削減でき、それに付随してアジテータの容量も小さくすることができる。原料を希釈するサイロでは、希釈水と原料との流速差を大きくすることで均一な希釈が速やかに行われるハイドロミックス方式がある。これは従来のサイロよりも容積を最大 80%削減できる。またリテンション時間が短くなり気泡が先送りされる懸念については、白水トレーで脱泡することや渦を発生させない構造を適用することで気泡の巻き込みを防止している。また微細な泡や溶存空気を除去するためには真空タンク式脱気装置が用いられる。これは遠心式脱気装置よりも省スペースかつ省エネのシステムである。脈動対策には低脈動型ロータや特殊ケーシングをもつスクリーンを適用することで脈動を最小限に抑えることができる。

これらの最新技術を適用したシステムは従来よりもコンパクトかつ省エネであり、かつ品質をより重視してクリーナを適用するラインにもその効果を発揮する。

(本文 38 ページ)

## 米子工場 N-1M/C アプローチ廻りの品質改善

王子製紙株式会社 米子工場 抄造部 第二抄造課  
下地 力

王子製紙株式会社米子工場 N-1M/C では、抄込まれ欠陥の発生、ならびに抄込まれ欠陥発生に伴う紙切れが散見し、この低減が課題であった。

そこで、まずアプローチ系の設備を点検し、マシン前 1 次スクリーンのバスケットを更新して穴軽欠陥の削減を図った。

また、「横裂け」と称する穴を採取、分析し、欠陥発生箇所の推定と絞り込みを行なった。採取した穴欠陥には、填料、パルプ繊維の塊が存在し、塗工損紙配合系統内に存在する未溶解原料がその原因と推測した。

塗工損紙処理系統を設備点検し、対策を講じて、抄込まれ粕ならびに紙切れ要因である裂け欠陥の減少に大きく寄与した。

(本文 45 ページ)

## 木本バイオマスを原料とするセルロース系エタノール生産技術開発

王子ホールディングス株式会社 イノベーション推進本部 バイオリソース開発センター  
古城 敦, 関沢真吾, 安住尚也, 塚本 晃, 池水昭一  
JXTG エネルギー株式会社 中央技術研究所  
井手浩平, 兼澤みゆき, 福田 明, 上村 毅

空気中の二酸化炭素を吸収して生長する植物を原料として生産するバイオエタノールは、再生可能な自然エネルギーであること、および、その燃焼によって大気中の二酸化炭素量を増やさない点から、化石燃料とは異なり、持続可能なエネルギー源としての将来性が期待されている。すでにブラジルやアメリカでは、サトウキビやトウモロコシなどから製造したバイオエタノールを、ガソリンと混合し、自動車燃料として使用しているが、バイオエタノールの増産により、食料と競合するために食料価格が高騰する問題が指摘されている。

また一方で、我が国における低いエネルギー自給率を背景に、2009年「エネルギー供給構造高度化法」が制定され、温室効果ガス排出量を削減するバイオ燃料の使用が義務づけられている。現在、ブラジルからサトウキビを原料としたバイオエタノールを輸入しているが、法には食糧との競合に配慮することが記載されており、エネルギーセキュリティの観点からもセルロース系エタノールの開発が望まれている。

そこで JXTG エネルギー株式会社（以下、JXTG）と王子ホールディングス株式会社（以下、王子HD）では、セルロース系エタノールの開発と実証を目的として、「セルロース系エタノール生産システム総合開発実証事業（2015～2017年度）」を実施した。本事業は国立研究開発法人新エネルギー産業技術総合開発機構（以下、NEDO）の支援の元、前身である NEDO 事業「セルロース系エタノール革新的生産システム開発事業（2009～2013年度）」で得られた要素技術を持ち寄り、ラボ実験にて最適な組み合わせを選定した上で、パイロットプラントでの実証実験を行った。

（本文 49 ページ）

## ドライヤーシリンダー用非粘着コーティング「DryOnyx H」

—Valmet 社（フィンランド）技術の日本での展開—

トーカロ株式会社 名古屋工場  
安尾典之, 岩根公明  
トーカロ株式会社 海外事業部  
井上大介

当社はフィンランド・Valmet 社と抄紙機におけるドライヤーシリンダー用非粘着コーティング DryOnyx H についての技術契約を締結し、2015年より日本国内での提供を開始した。DryOnyx H は Valmet 社が 2001 年頃より提供している DryOnyx Z の各種特性を向上させた特殊皮膜形成技術であり、世界中の製紙メーカーにその効果が認められ採用されている。2014年8月時点での施工実績本数は 300 本以上にもおよび、ほとんどの顧客においてその機能皮膜は優れたリリース特性やドクターリングとの相乗効果による汚れ付着防止特性を発揮し、製紙プロセスにおける紙品質、生産性の向上に寄与している。

DryOnyx H はオンラインにて短期間で施工することができ、一般的な非粘着コーティング技術のようにシリンダーをラインから取り外して工場に搬送する必要がない。また、オンライン施工可能な技術として低温焼成型の塗装皮膜やテフロンシートの貼り付けなどもあるが、いずれもドクターブレードが使用出来ない、皮膜が早期に損傷してしまうなど品質面、寿命面での問題がありユーザーの満足を得られていない。DryOnyx H はそれらの課題を解決すべく開発された画期的なオンライン施工技術である。また、定修期間内に施工できる短期間施工であること及び長寿命の観点からも各顧客の期待に応えている。

当社では、2015年9月のオンラインでの施工を皮切りとして 2017 年下旬までの約 2 年間で 9 件のドライヤーシリンダーへの施工を実施した（2018 年も 6 件以上の施工を予定）。本稿では DryOnyx H の基本的な特性、施工方法を紹介すると共に、日本国内で施工した実績について実例を交えて紹介する。

（本文 54 ページ）

## プロセス最適化と制御のための規格に準拠した紙・パルプ試験 —ローレンツェンアンドベットレーの新世代の全自動紙質試験機とオンラインパルプ測定器—

ABB 株式会社 インダストリアル・オートメーション事業本部 紙パルプグループ  
山崎光洋

成熟したビジネスには、競争力の維持に持続的な改善が要求される。今日では以前に増してこのことがより重要になっている。コスト削減と効率改善の探求が常に議題となる。パルプ・製紙業界では、定められた品質内の製品を可能な限り低コストで製造するのが第一の目標であり、品質試験とプロセス管理がその目標を達成するひとつの方法である。

規格に準拠した物性および品質の測定により、可能な限り低いコストでプロセスオペレーターは定められた品質仕様内で製造することができる。信頼のできる、迅速かつ費用効率の高い、プロセスを通じた物性および品質の測定は、製品最適化に必要な不可欠であり、規格に準拠した測定こそがその実施に最良の方法である。

本稿では、L&W オートラインについて、世界中で 500 台に迫る実績から得られた経験と知見を紹介する。さらに、L&W フリーネスオンラインおよび L&W ファイバーオンラインについて、そして、これらを組み合わせた新製品 L&W フリーネス・ファイバーオンラインについて、設計コンセプトと機能を紹介する。

(本文 60 ページ)

## イオンクロマトグラフィーによる微量イオン分析

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 分析センター  
武井俊達, 友田生織, 田原江利子, 近藤光隆

当社分析センターには、王子グループ全体から、製品中のイオン分析に関する相談や依頼が寄せられる。その内容は、日本工業規格 (JIS) に準拠した公定法による測定から、製品中の微量イオンが問題となった場合の原因調査の分析まで多岐にわたる。紙製品中のイオン種とその濃度は様々な製品品質に影響を与えるため、定性及び、定量分析することは品質管理をする上で非常に重要なことである。また、イオン濃度を正確に知るためには、十分な感度を有する方法が必要となる。その一つとして、クロマトグラフ法による液体中のイオンを測定する手法として H. Small らによってイオンクロマトグラフィーが 1975 年に発表された。イオンクロマトグラフィーは、イオン種成分を分離し選択的に検出する分析器機を用いた方法で、JIS K0127 イオンクロマトグラフィー通則、上水試験法に採用され、環境、化学工業、食品、製薬・医薬など、さまざまな分野で応用されている。今回、低イオン量サンプルの高感度分析に取り組み、水、試薬、実験器具に起因する汚染物質を少なくし、新たにカラム種類、試料導入量等の装置条件を検討した。今まで微小なクロマトグラムとして検出していた炭酸イオン ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) が増大し検出した。このため一部のイオン種で分離精度の低下が発生したため、更に分離条件を検討した。

本稿では、測定条件の検討を行い、紙試料及び、フィルム試料への適用を試みたので、報告する。

(本文 66 ページ)

### 研究報文

## 光反射特性から導くパーリンノイズによる紙表面形状の数理モデル

三菱製紙株式会社 生産技術センター  
井上信一  
千葉大学 大学院融合科学研究科  
牧 正矩, 津村徳道

紙の品質として光沢を考えた場合、反射光の強さだけではなく、紙表面に見られる光沢ムラもまた考慮すべき品質である。しかし、光沢ムラは不規則であり、これを数理モデル化することは難しかった。本研究では、このような紙の光反射に関わる現象を総合的に評価する方法として、紙の表面形状 (トポグラフィ: 地形図) の数理

モデルについて論議した。

本研究では、パーリンノイズを用いた紙表面形状の数理モデルを提案した。パーリンノイズは、近年のコンピュータグラフィックス描画技術であり、雲、炎、水面などの自然界の不規則な現象をパラメータの調整によって自然な感覚で生成することができる。パーリンノイズは物理モデルではないため、パラメータも本来は物理量ではない。本研究では、モデルを規定するパラメータを物理的な測定量により決定することを試みた。これらは紙の光反射特性から導出した。表面法線分布確率密度は、コリメータ光学系による測定方法を用いた。光沢ムラの空間周波数特性は、テレセントリック光学系の測定方法を用いた。紙の光反射特性から導くパーリンノイズによる紙表面形状の数理モデルを提案し、このモデルが実際の紙に似た不規則な形状を有する紙表面形状を生成できることを示した。

提案したモデルで生成した紙表面形状の光反射特性は、実際の紙の光反射特性に近いものであり、光沢現象をよく説明できるものであることを確認した。今後は紙表面形状の実測値と比較検討し、モデルの精度を上げて行きたい。紙表面形状のような不規則な分布を数理モデルで構築し、光反射特性といった物理量で規定できたことは、紙の数値解析やコンピュータグラフィックスにも展開可能である。

(本文 83 ページ)

## 研究発表会/板紙・段ボール特集

- 1 第86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
- 12 今、バイオプラスチックに求められること！……岩田忠久
- 18 ブラジル北部におけるユーカリ植林地での育種状況  
……林 和典, 岩田英治, 根岸直希
- 22 リン酸化セルロースナノファイバーの特性評価と用途展開……田中利奈
- 26 2号抄紙機併抄化改造後の操業経験……佐藤滋貢
- 30 板紙用高浸透性表面紙力増強剤の開発……相野谷 卓
- 34 板紙抄紙系における硫酸バンド削減下のサイジングシステム  
……横田健一郎, 河村宅哉, 山城卓也, 田中貴大
- 40 最新の板紙用ワイヤーの開発及び特徴について……渡邊 卓

## 研究論文

- 45 キャビテーション噴流を用いた微粒子炭酸カルシウムとパルプの複合体の開発  
……福岡 萌, 中谷 徹, 後藤至誠

- 03 会告
- 59 パピルス  
最近の注目特許
- 66 内外業界ニュース
- 71 特許公報
- 82 全国パルプ材価格
- 83 統計
- 85 協会だより

## 今、バイオプラスチックに求められること！

東京大学 大学院農学生命科学研究科  
岩田忠久

近年、エネルギー使用量の増大に伴う化石資源の枯渇、二酸化炭素排出削減などの社会的要請から、再生可能なバイオマスを出発原料として生産されるバイオマスプラスチックの重要性が高まっている。一方で、海洋マイクロプラスチック問題に代表されるように非分解性プラスチックの廃棄物による環境汚染が地球規模の大問題となっている。これらの諸問題を解決する手段として、現在、世界各国で研究および開発が進められている環境に優しいプラスチックは、大きく分けて2つのカテゴリーに分類できる。一つは、環境中の微生物の分泌する分解酵素により低分子量化合物に分解された後、微生物体内に取り込まれ二酸化炭素と水にまで完全に分解される「生分解性プラスチック」である。もう一つは、再生可能資源であるバイオマスを原料として生産された「バイオマスプラスチック」である。この2つのプラスチックを総称して「バイオプラスチック」と呼ぶ。

本報では、単に生分解性を有するバイオマスプラスチック（主に、微生物産生ポリエステルと高分子多糖類誘導体）を生物及び化学的手法により合成するにとどまらず、高性能なフィルムや繊維などの実部材への成形加工技術の開発、大型放射光を用いた構造と物性との相関解明、海・川・湖・土中における環境分解、分解酵素を用いた生分解性速度の制御機構の解明など、分子レベルの基礎研究から成形および環境分解試験までの幅広い応用研究を遂行することを通じて、生分解性バイオマスプラスチックという新たな学問分野の創出を目指して研究を推進してきた筆者のこれまでの研究成果について紹介する。また、今後の目指すべき生分解性プラスチックとバイオマスプラスチックのあり方について、筆者の思いを詳述する。

(本文 12 ページ)

## ブラジル北部におけるユーカリ植林地での育種状況

日本製紙株式会社 研究開発本部 基盤技術研究所  
林 和典, 岩田英治, 根岸直希

当社は持続可能な原材料調達の一環として「Tree Farm 構想」を掲げ、ブラジル、チリ、オーストラリア、南アフリカにおいて海外植林地を管理している。このうち、ブラジル北部アマパ州では、当社最大の植林地面積を持つプロジェクトを展開中であり（Amapa Florestal e Celulose S.A. (AMCEL)）、ユーカリ植林とチップの生産を行っている。

AMCEL 社は、平坦でまとまった面積を持つ植林地、植林地からチップ工場及び積出港までの距離、海外への輸出に適した地理的立地等、高い潜在力を持ちながら、かつては植林木の成長性は低迷し、本来の好条件を活かしきれていなかった。そこで、2006年の買収以降、これまで当社が検討を行ってきた木材分析技術や選抜育種技術の実践的開発を進めるべく、熱帯地域に適したユーカリ樹種の導入、近赤外分光分析による木材分析法の確立、クローン選抜工程の改良等の施策を現地で積極的に推進してきた。その結果、植林木の成長性、容積重、パルプ収率は着実に上昇を続け、特に昨年、現行の主カクローンを大きく超える新事業用クローンを開発するに至った。このクローンは本年から事業規模での検証を開始している。

本稿では、継続的に実施している AMCEL 社のユーカリ育種の現況とともに、近年、植林分野でも急速に普及しつつあるゲノミックセレクション（DNA マーカーを用いて有用形質を持つ個体を選抜する最新の育種手法）への取組みを含め、今後の展望について報告する。

(本文 18 ページ)

## リン酸化セルロースナノファイバーの特性評価と用途展開

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  
田中利奈

近年、持続可能な社会の実現に向けて、木質バイオマスの多面的な利用が求められている。セルロースは樹木の主要構成成分の一つであり、地球上に豊富に存在する高分子材料である。このセルロースを利用した新規材料として、セルロースナノファイバー（以下、CNF）が注目されている。CNFはセルロース分子鎖が規則的に配列した高結晶性のマイクロフィブリルであり、軽量・高強度・高弾性率・低線熱膨張係数・大比表面積といった特長を有する。水系・溶剤系増粘剤や透明な構造部材等での利用が期待されている。

当社では、微細化に要するエネルギーを削減し、幅 3-4 nm まで完全ナノ化可能な手法として、「リン酸エステル化法」を確立した。本手法はリン酸塩及び尿素を添加して短時間加熱するというシンプルなプロセスであるにも関わらず、微細化エネルギーを削減して、パルプを完全ナノ化 CNF に変換可能である。本稿では、リン酸化エステル化 CNF の製造方法やその特性、また、今後の応用展開について紹介する。

(本文 22 ページ)

## 2号抄紙機併抄化改造後の操業経験

レンゴー株式会社 金津工場 製紙部製紙課  
佐藤滋真

レンゴーグループでは、6工場で段ボール原紙の生産を行っていたが、段ボール原紙生産体制の再構築として経営資源の有効活用を推進し収益力の一層の強化を図るため、段ボール原紙の生産拠点を5工場に集約することを決定した。当社の中核工場である金津工場では、この段ボール原紙生産体制の再構築に伴い、従来中芯原紙を抄造していた2号抄紙機をライナ原紙を併抄可能な設備に改造することとし、2017年8月10日より、高い品質・生産性・コスト競争力・省力化を達成すべく改造工事を行った。

改造期間は試運転を含め50日間、操業当初は様々なトラブルがあったが、ライナ原紙では2018年6月に日産1,000 t/日を達成し、改造前に比べ生産量は3割増加した。

本稿では、当2号抄紙機設備の改造概要、及び操業経験について述べる。

(本文 26 ページ)

## 板紙用高浸透性表面紙力増強剤の開発

荒川化学工業株式会社 研究開発本部 製紙薬品事業  
相野谷 卓

近年、板紙の製造において、CO<sub>2</sub>削減、省資源化など環境への配慮から段ボール原紙の薄物化（＝軽量化）を指向する傾向が見られる。薄物化によって紙の強度は低下するため、紙表面に紙力増強剤を塗布して強度を補う方法は良く知られている。一般的に表面紙力増強剤は、安価な澱粉が用いられているが、紙力向上効果の低い澱粉を塗布しても目的の圧縮強度に達し難く、圧縮強度を上げるために高濃度塗布した場合は、塗布液粘度が高くなり塗布ムラになる懸念がある。更には、澱粉の塗布量が多い段ボール原紙を使用した場合には、段ボール成形時の貼り合わせが悪化するなどの問題点が指摘されている。一方で、澱粉の代わりにポリアクリルアミド系表面紙力増強剤（以下、PAM系表面紙力増強剤と略す）も利用されているが、澱粉対比高価であるという課題がある。過去に開発した板紙用PAM系表面紙力増強剤では、紙力増強剤の紙中への浸透性が十分ではなく、目標とするコストパフォーマンスを達成できなかった。

今回は、これらの課題を解決すべく、PAM系表面紙力増強剤について種々改良検討を行い、新たに「高浸透性表面紙力増強剤（以下、高浸透性表面PAMと略す）」を開発した。「高浸透性表面PAM」は、従来の表面紙力増強剤より、①板紙のZ軸方向への浸透性に優れる、②紙中のイオン成分と相互作用することで、擬似的に高分子量化し、従来の表面紙力増強剤対比、高い圧縮強度を示す。また、段ボール原紙の強度向上に加え、段

ボール成形時の貼合性に悪影響が少ない特長を有する。

(本文 30 ページ)

## 板紙抄紙系における硫酸バンド削減下のサイジングシステム

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  
横田健一郎, 河村宅哉, 山城卓也, 田中貴大

近年の板紙抄紙系は、古紙配合率の増加に伴う炭酸カルシウム混入量の増加や抄紙系のクローズド化の進行とともに、生産効率の向上を目的とした抄紙速度の高速化が進んでいる。この様な状況下、各種内添薬品は目的とする効果が得られ難い環境となってきた。一方で、収益改善を目的とした合理化や薬品コスト削減が求められ、費用対効果に優れる薬品や処方が必要不可欠となっている。

硫酸バンドは各種内添薬品の定着やピッチ抑制に効果があることに加え、薬品コストが安価であることから、適切に用いることで最も安価に内添薬品の効果を向上させることができる薬品の一つである。特に、内添サイズ剤としてロジン系エマルジョンサイズ剤が主流となっている板紙抄紙系では、高いサイズ効果を発揮するために硫酸バンドが有用である。その一方で、過剰な硫酸バンドの添加は、石膏スケールの発生や電気伝導度の上昇による内添薬品の効果低下といった弊害に繋がる。現在の板紙抄紙系では、硫酸バンドの削減による薬品処方の適正化が必要となっているものの、ロジン系サイズ剤の適用にあたっては硫酸バンド削減によって生じるサイズ性低下への対応が求められる。

この様な状況下、弊社では新規サイジングシステム「Co-mingle<sup>®</sup>」と Co-mingle<sup>®</sup> 用サイズ剤「ハーサイズ CES シリーズ」を開発した。本報告では、この新規サイジングシステムである「Co-mingle<sup>®</sup>」と本処方の効果を最大限に発揮できる Co-mingle<sup>®</sup> 用サイズ剤「ハーサイズ CES シリーズ」を紹介するとともに、現在取り組んでいる硫酸バンド削減下のトータル処方についても報告する。

(本文 34 ページ)

## 最新の板紙用ワイヤーの開発及び特徴について

日本フィルコン株式会社 製紙・機能ファブリックカンパニー 技術部  
渡邊 卓

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左右する重要な役割であるため、その要求度は高い。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。

近年、インターネットを利用した通信販売の普及により、包装や梱包に使用される板紙の需要は増加しており、今後も成長が見込まれる。しかし板紙マシンは原料事情の変化、マシンの増速対応等の様々な課題を抱えており、操業性及び生産効率の向上に寄与できる「トラブルフリー」なワイヤーが求められている。

当社では更なる紙品質の向上、操業性の向上を目指し、板紙マシン用の新組織（N-CRAFT）を開発した。N-CRAFT は新しい縦地糸接結タイプのワイヤーであり、SAKURA・FUJI シリーズ同様、内部摩耗は発生しない。最大の特徴は裏面構造の改良と上下縦糸に異なる線径を使用することで基本性能の向上が実現可能となった。期待される効果として、①操業性の改善（高脱水性、マシン周辺原料汚れの軽減、ワイヤーライフ向上）、②ワイヤー駆動負荷の低減（高張力下でのワイヤー伸び改善、下横糸引っ掛かり抵抗の削減）、③紙質の改善（地合の向上、ワイヤーマークの軽減）が見込まれる。

本稿では N-CRAFT の特徴について紹介する。

(本文 40 ページ)

研究報文

## キャビテーション噴流を用いた微粒子炭酸カルシウムと パルプの複合体の開発

日本製紙株式会社 研究開発本部 基盤技術研究所  
福岡 萌, 中谷 徹, 後藤至誠

紙中に無機物を高充填化するための手段の一つとして、ルーメンローディングもしくはファイバーローディングと呼ばれる「無機物とパルプの複合化」がある。中でも炭酸カルシウムとパルプの複合化を対象にした研究はこれまでに何例かあるが、ナノサイズのを複合化し、同様の炭酸カルシウムを内添した場合との違いを明らかにした研究はなかった。そこで本研究では、上記の違いを明らかにすべく、微粒子炭酸カルシウムとパルプの複合体を合成し、DDA (Dynamic Drainage Analyzer) における歩留や手抄きシートの物性を調査し、炭酸カルシウムを内添したパルプとの比較を行った。

炭酸ガス法による炭酸カルシウムの合成とキャビテーション噴流によるパルプの処理を組み合わせることで、パルプ表面がナノオーダーの炭酸カルシウムで密に覆われた複合体を得た。本複合体を原料にして手抄きをする時、灰分 50%以上でも容易にシート化することができた。また、得られたシートは通常サイズの炭酸カルシウムを内添したものに比べて比散乱係数が小さく、比表面積が大きく、裂断長が高いというユニークな特徴を有していた。続いて、DDA にて繊維画分とファイン画分に分離し、繊維画分の灰分から灰分歩留を調査した結果、複合体は炭酸カルシウムを内添したものに比べて 20 ポイント以上歩留が高いことが明らかとなった。さらに、DDA で分離したそれぞれの画分について SEM 観察をした結果、複合体の場合は長繊維とフィブリル状ファインのいずれに対しても炭酸カルシウムが定着している様子が確認されたのに対し、内添した場合にはそのような状態はほとんど認められなかった。

(本文 45 ページ)

## 環境特集

- 
- 1 第26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 河川の基礎知識  
—工場・事業所の排水システム管理への応用—……岡 ひろあき
- 8 国内最高峰の曝気攪拌装置〈ハンシン・アクアレータ®〉……経廣直徳
- 13 不快なニオイを良い香りに変える臭気対策消臭剤「デオマジック」について  
……辻本 裕
- 19 ボイラー清缶剤の切り替えによるPRTR物質使用量削減の取り組み  
……古瀬信栄, 坂井昭次郎, 伊東祥隆, 近藤佑介
- 24 改正土壌汚染対策法のポイント……中島 誠
- 33 廃棄物にかかる直近の法改正の解説  
—サーキュラーエコノミー時代における廃棄物管理—……坂本裕尚
- 49 DOWAグループにおける低濃度PCB廃棄物処理  
—塗膜等汚染物の処理動向—……鈴木雅之, 堀岡敬太
- 53 ゴール No. 14 の舞台裏  
—廃プラスチックの適正処理と資源循環—……細田雅士
- 63 防災情報の可視化とリアルタイム化によるBCP対応加速  
—自然災害に備えるために—……中川 淳
- 
- 総説・資料** 68 担体流動式生物処理法による廃水処理能力の向上  
—PVA スポンジ微生物固定化担体 Y-CUBE®—……野町精一, 藤田幸裕
- 73 「労働災害防止に向けた行動計画」(2018年2月策定)と第59回全国紙パルプ安全衛生大会の開催について……小宮山 泰
- 
- シリーズ: 大学・官公庁研究機関の研究室紹介(131)** 80 東京大学 大学院農学生命科学研究科 生物材料科学専攻 高分子材料科学研究室 (岩田研)
- 
- 研究報文** 83 叩解処理したTEMPO酸化パルプの特性解析(第2報)  
……小林由典, 野一色泰友, 山本 学, 齋藤継之, 磯貝 明
- 
- 03 会告
- 79 知財散歩道(123)  
特許の価値評価について……萬 秀憲
- 82 Coffee break  
支倉常長が使った鼻紙を, サン・トロペ(南仏)の住人が競って拾ったというお話, および, それらの鼻紙が, 欧州で最も古いローマの図書館に現存しているというお話……辻本直彦
- 94 パピルス  
浅草紙……武藤直一
- 98 内外業界ニュース
- 102 特許公報
- 111 全国パルプ材価格
- 112 統計
- 114 協会だより
-

## 河川の基礎知識

### —工場・事業所の排水システム管理への応用—

一般社団法人 産業環境管理協会 環境コンサルタント  
岡 ひろあき

一般的に河川の流速や流量は、流域の降雨量、河床勾配など河川形状や地形、河川を構成する地質や構造物などによって複雑に変化する。関東の利根川や鬼怒川、小貝川といった河川流域でも災害が発生し付近の工場や事業所などが多数被害を受けている。

敷地内の排水路や放流河川を注意して観察すると、侵食や運搬、堆積という河川3作用がみられる。本稿では、ネパールのガンジス川支流における調査の興味深い結果を最初に報告する。さらに、鬼怒川の洪水や河川改変など、様々な挙動を報告し、基本的な河川の知識と浸水予防について解説する。

(本文 3 ページ)

## 国内最高峰の曝気攪拌装置〈ハンシン・アクアレータ®〉

阪神動力機械株式会社 東京営業課  
経廣直徳

アクアレータはエアレーションの2大機能、「空気供給機能」と「攪拌散気機能」の動力源を分割し、後者を合理的水中機械としたことで、エアレーションのエネルギー効率を大幅に高めており、「嫌気・好気両用の水中攪拌機」として用いることができる。

標準活性汚泥法はもとより、嫌気・好気活性汚泥法、間欠式エアレーション法、回分式など処理システムの選択を容易にしている。

制御因子（動力源）の分割は、水処理条件の変動や処理方式転換への省エネルギー的対応を可能にしている。

状況や目的に応じて空気供給機能（ブロー）と攪拌散気機能（アクアレータ）のいずれか一方、または両者同時に任意に制御し得ることで、大きな負荷変動に対しても適切な追従機能が得られる。

アクアレータの特徴、既存の散気装置の問題点、既存散気装置からの更新、アクアレータ導入先、既存散気装置との比較について述べている。

(本文 8 ページ)

## 不快なニオイを良い香りに変える臭気対策消臭剤 「デオマジック」について

シキボウ株式会社 戦略素材企画推進室  
辻本 裕

「デオマジック」は製紙工場が発生する汚泥臭やパルプ製造時のイオウ臭に対しても非常に消臭効果が高く製紙工場向けには㈱敷島カンバスから販売し多くの製紙工場で使用いただき好評を得ている。シキボウは化学的中和反応によりアルカリ性臭から酸性臭さらには加齢臭にも高い消臭効果を示す消臭加工繊維を販売し業界で幅広く認知されている。しかし消臭剤では糞便臭のような強烈な臭気は弱めることができても100%消すことはできない。そこで発想を転換し糞便臭を消すのではなく利用して良い香りに変化させる香料「デオマジック」を開発した。食品添加物の香料を調合した「デオマジック（ナッツの香り）」は特許も取得済みであり、微生物が繁殖して発生する強烈な臭気に対して幅広く効果を示すことから全国の畜産現場や産業廃棄物処理場や工場の廃水処理汚泥などの臭気対策として使用されている。

(本文 13 ページ)

## ボイラー清缶剤の切り替えによる PRTR 物質 使用量削減の取り組み

日本製紙株式会社 岩沼工場 工務部  
古瀬信栄, 坂井昭次郎, 伊東祥隆  
内外化学製品株式会社 東京技術部  
近藤佑介

当社 CSR 活動の一つである「環境に関わる責任」として、環境負荷を可能な限り小さくすることを目指しており、PRTR 制度対象化学物質の削減は当社における重要課題と位置付けている。

日本製紙株式会社岩沼工場は、ボイラー薬品としてヒドラジンやシクロヘキシルアミン等の PRTR 制度対象化学物質を使用していたが、当該制度に該当しない化学物質処理「カルボン酸アミン塩処理」への切り替えを検討し、ソーダ回収ボイラーにおいて5年の運転実績を得た。ボイラーのドラム内部やタービンの翼は、ボイラー清缶剤切り替え以前よりも黒色化し良好な状態に改善されている。

ボイラー清缶剤の切り替え後初期には、それ以前に蓄積した鉄スケールが剥離して下部水平管に堆積したり、ボイラー給水システムのポリリッシャーでアミン除去されて給水 pH が低下する等、幾つかの課題が発生した。対策として、高圧ジェット洗浄による堆積物除去や、PRTR 制度対象化学物質に非該当アミンの追加添加等を実施した。

一方、より高圧のプラントは未だ PRTR 制度対象化学物質を使用しており、これらプラントのボイラー清缶剤の切替は今後の課題である。

(本文 19 ページ)

## 改正土壤汚染対策法のポイント

国際航業株式会社 防災環境事業部  
中島 誠

土壤汚染対策法の一部を改正する法律が2019年4月1日に完全施行された。この改正では、土壤汚染の適正なリスク管理を実現するため、土壤汚染状況調査の対象となる土地の拡大、都道府県知事が汚染除去等計画の提出を求める規定の創設、リスクに応じた規制の合理化が行われている。

土壤汚染状況調査の対象となる土地の拡大では、有害物質使用特定施設が過去に使用されていた又は現在使用されている工場・事業場の敷地において土地の形質の変更が行われる際に、調査命令を受ける可能性のある土地の形質の変更の規模が、面積3,000 m<sup>2</sup>以上から900 m<sup>2</sup>以上に強化された。

都道府県知事が汚染土壤等計画の提出を求める規定の創設では、土地の所有者等（所有者、管理者または占有者）が汚染除去等計画、実施措置に係る工事完了報告書、実施措置完了報告書を都道府県知事に提出し、確認を受けることが必要になった。

リスクに応じた規制の合理化は、土壤汚染状況調査、要措置区域等（要措置区域及び形質変更時要届出区域）の指定、汚染の除去等の措置、要措置区域等外への土壤の搬出、搬出した土壤の処理といった様々な場面でそれぞれ行われている。

改正法において自然由来および水面埋立て土砂由来の汚染土壤の活用という観点を取り入れられたことは注目すべき点である。

(本文 24 ページ)

## 廃棄物にかかる直近の法改正の解説 —サーキュラーエコノミー時代における廃棄物管理—

株式会社エンビプロ・ホールディングス  
坂本裕尚

サーキュラーエコノミー時代における廃棄物管理として下記について解説する。

- ① G20 における気候変動対策や海洋プラスチックごみ対策の動向
- ② 世界の資源消費量、プラスチック生産量、中国その他の廃プラの輸入規制、海洋マイクロプラスチック問題等の資源リサイクルにおける諸問題
- ③ 廃棄物の適正処理の推進による環境再生
- ④ 機器廃棄時のフロン回収率向上のため、関係者が相互に確認・連携し、ユーザーによる機器の廃棄時のフロン類の回収が確実に行われる仕組みへ改正されたフロン排出抑制法
- ⑤ 第四次循環基本計画（持続可能な社会づくりとの統合的な取組、地域循環共生圏形成による地域活性化、ライフサイクル全体での徹底的な資源循環）

(本文 33 ページ)

## DOWA グループにおける低濃度 PCB 廃棄物処理 —塗膜等汚染物の処理動向—

エコシステムジャパン株式会社  
鈴木雅之、堀岡敬太

1968 年の「カネミ油症事件」を契機として、PCB（ポリ塩化ビフェニル）の毒性は広く社会に認知されるとともに、規制に係る種々の国内法が制定・施行された。現在では高濃度 PCB 廃棄物は中間貯蔵・環境安全事業株式会社（JESCO）の処理施設において化学的処理が進められるとともに、低濃度 PCB 廃棄物は民間の無害化処理認定施設並びに都道府県知事許可施設において焼却或いは分解・洗浄処理が行われている。

DOWA エコシステム(株)は、国内 5 拠点で低濃度 PCB 廃棄物を確実に無害化処理可能な体制を整備しており、各処理施設における処理品目の追加や能力の増強を実施してきた。2019 年 6 月には、エコシステム秋田(株)において塗膜くず、紙くず等の可燃性の PCB 汚染物のうち、PCB 濃度が 0.5%～数%程度の PCB 汚染物の新たな処理方策に対応した焼却実証試験が行われた。

本稿では、DOWA エコシステム(株)グループにおける低濃度 PCB 廃棄物の無害化処理の取組みと、PCB 廃棄物の新たな処理方策と最近の動向として、①製鋼用電気炉を用いた新たな処理方策、②課電自然循環洗浄の対象機器の拡大、③低濃度 PCB 汚染物の処理基準（入口基準）、④ PCB 汚染物の新たな処理方策の各項目について紹介する。

(本文 49 ページ)

## ゴール No. 14 の舞台裏 —廃プラスチックの適正処理と資源循環—

エコスタッフ・ジャパン株式会社 事務局・研修運営部  
細田雅士

我々にとって最も身近な素材の一つであるプラスチックは、包装容器から電気製品・電子部品、自動車、医療用器具などの様々な形で活用されており、生活に安全性や利便性をもたらしている。一方で、プラスチックは化石燃料から作られており、製造や廃棄の過程での環境負荷が問題となっている。特に、近年ではマイクロプラスチックによる海洋汚染が注目されており、生態系への影響も深刻になっている。資源消費量の削減や環境負荷の低減のため、使用済みプラスチックの適切なリサイクルシステムの構築が国内外で求められているが、現在のところ、日本国内で発生するプラスチックの総廃棄量のうち、マテリアルリサイクルされている割合は約 22%にとどまっている状況である。

全国の優良な産業廃棄物処理及びリサイクル事業者のネットワークを運営するエコスタッフ・ジャパン(株)では、日本全国の各地における廃棄物処理及びリサイクルの現場や排出事業者との繋がりの中で、中央省庁を含めた産官学連携の中で、業界最新動向のヒアリングを積み重ねてきた。本論では当社が近年実施した「製品製造時のプラスチック再生材活用促進事業のニーズ調査」を例に今後の資源循環の動向を概観する。

本調査においては、将来的な国内の再生プラスチック市場の拡大につなげるため、メーカー、コンパウンダー

およびリサイクラーの代表的な企業にヒアリング調査を行い、プラスチック再生材市場の需要と供給のマッチング条件を明らかにするとともに、再生プラスチックの活用促進における課題に対して、各主体がどのような対策を講じていくべきかについて方向性を示した。

(本文 53 ページ)

## 防災情報の可視化とリアルタイム化による BCP 対応加速

—自然災害に備えるために—

国際航業株式会社 防災環境事業部 事業推進部  
中川 淳

日本では、阪神淡路大震災や東日本大震災に代表されるような大規模な自然災害が多発し企業活動に大きな影響を与えている。

サプライチェーンの被害や大規模停電等による生産停止、出荷停止、休業等の企業の事業継続への影響事例が多発した。また、首都直下型地震や東海・東南海・南海 3 連動地震などの大規模地震予測は、社会的不安の高まりとともに企業の事業継続への危機意識も高め、BCP 策定企業が徐々に増加する傾向にある。

企業の策定する BCP では、「社員安否確認手段の整備（サービスの導入）」が主流であり、次いで「調達先・仕入れ先の分散」や「生産・物流拠点の分散」「代替生産先・仕入れ先・業務委託先・販売場所の確保」が重点項目として注力されつつある。これらは、いずれも近年の自然災害で事業継続へ大きく影響を及ぼした事項である。そのため、この「調達先・仕入れ先・生産拠点・物流拠点・代替生産先・業務委託先・販売場所」の被災状況を素早く把握することは、事業継続への影響をいち早く把握する上で非常に重要となっている。

しかし、自社施設や関連企業、取引先への被災確認連絡など事業継続に関連する情報収集は、未だ人海戦術で実施している企業が大半である。そのため、デジタル化・自動化による効率化を求めるニーズが顕在化しつつあり、今後導入が期待される分野である。

本稿では、近年の地震や豪雨災害の頻発により関心が高まってきている BCP/BCM 支援ツールの事例を紹介する。

(本文 63 ページ)

## 担体流動式生物処理法による廃水処理能力の向上

—PVA スポンジ微生物固定化担体 Y-CUBE<sup>®</sup>—

雪ヶ谷化学工業株式会社 営業部  
野町精一  
ソマール株式会社 技術開発部  
藤田幸裕

昨今、製紙を含む業界は、廃水処理設備の老朽化及び廃水規制強化への対応を、継続的に事業展開を図っていくための喫緊の課題として求められており、廃水処理設備の処理能力を安定的に向上させることが必要とされている。対策実行の障壁となりうる設備改修費などの投下費用の増大をおさえる手法として、既存設備を生かし、従来のスポンジ担体と比較して高い機能を併せ持つ PVA（ポリビニルアルコール）スポンジ担体を用いることが有効な手段と考えられる。

極めて親水性が高い PVA 樹脂を独自の製法によりスポンジに成形した Y-CUBE<sup>®</sup> は、その親水性の高さにより、処理槽投入後速やかに浸水し短時間で完全に旋回させることが可能で、この旋回性の良さは速やかな処理性能発揮に直結する。Y-CUBE<sup>®</sup> は他素材のスポンジ担体と比較して耐摩耗性に優れており、耐久性の高さは処理能力の維持につながる他、追加投入の低減によるランニングコスト削減にも大きく寄与する。Y-CUBE<sup>®</sup> は、その特殊な多孔質構造により微生物が付着しやすく、細菌類（バクテリア）が優先的に付着し、従来から使用中のウレタン系スポンジ担体よりも少ない充填量で同等以上の処理能力を有することが確認されている。また、糸状細菌による担体の表面閉塞現象が起こることがあるが、Y-CUBE<sup>®</sup> に関してはその発生現象がみられないと

いう、廃水処理管理上有利と考えられる特徴も確認されている。今後我々がもとより有している気孔径のコントロール技術、或いは他材との複合化技術などによって、更なる高機能化を追求することを目指している。

(本文 68 ページ)

## 研究報文

### 叩解処理した TEMPO 酸化パルプの特性解析 (第 2 報)

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 紙パルプ革新センター  
東京大学大学院 農学生命科学研究科

小林由典

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 紙パルプ革新センター  
野一色泰友, 山本 学

東京大学大学院 農学生命科学研究科

齋藤継之, 磯貝 明

広葉樹クラフトパルプに TEMPO 触媒酸化を施し、アルデヒド基量がほぼ同量でカルボキシ基量の異なる 2 種類の TEMPO 触媒酸化パルプ (TOP) を調製した。TEMPO 触媒酸化は TEMPO/NaBr/NaClO システムで行った。元のパルプと 2 種類の TOP を PFI ミルを用いて叩解処理を行い、叩解処理が TOP から作製したシートの基本特性に与える影響を検討した。同一の PFI ミル回転数で処理したパルプから作製したシートの引張り強度を比較すると、TOP から作製したシートは元のパルプから作製したシートよりも高い引張り強度を発現した。また、元のパルプは叩解処理を施してもシートの湿潤引張り強度はほとんど向上しなかったが、TOP では顕著に向上した。叩解処理に伴い TOP ではパルプ表面のアルデヒド基量が増加しており、このパルプ表面のアルデヒド基量と湿潤引張り強度には明確な関係性があった。この結果から、繊維間における水酸基とアルデヒド基によるヘミアセタール結合の形成が湿潤強度の発現性に関係している可能性が示された。また、本検討から TOP を抄紙工程で使う場合に叩解処理は湿潤引張り強度を発現させることのできる効果的な方法であることが示された。

(本文 83 ページ)