

木材化学の基礎と将来に対する提言

東京大学名誉教授
飯塚堯介

この報告では、まず初めに木材化学という学問領域の特徴を、研究対象である樹木の特質とそれを考慮した研究の進め方の観点から述べた。樹木の性状は同一樹種であっても生育環境によって異なること、一本の樹木でも部位によって異なること等に留意し、試料調製においては細心の注意が必要であるとした。次いで、今後の木材化学研究に対する期待として筆者の個人的な視点から①木材のカスケード型利用、②木材の主成分分離、③リグニン利用、④セルロースナノファイバー、⑤新しいパルプ化法を取り上げ、これらの分野の研究開発が木材資源の有効利用の発展に寄与する期待を述べた。なかでも最近活発に研究が進められているセルロースナノファイバーは極めて大きな可能性を有した新規材料であり、紙パルプ産業が中心となって発展させて行くことが必要であるとした。また、リグニン利用および新しいパルプ化法に関する研究開発はいずれも非常に重要な研究課題であるものの、近年大きな進展が見られていない。前者に関しては蒸解排液リグニンの特性に依拠した開発が重要であるとして、土壌改良剤開発研究の経験を概説した。また、後者に関しては、クラフト法に代わる新しいパルプ化法の開発が待たれているところであり、その可能性を秘めたパルプ化法としてアルカリ・メタノール蒸解法の興味深い実験結果を紹介した。

(本文 3 ページ)

連続蒸解装置の発展の歴史とアンドリッツの最新技術

アンドリッツ株式会社 技術営業部
萩原幹晃

今日主流となっている KP パルプ製造用の連続蒸解装置（連釜）は 70 年の開発の歴史を有する。1940 年代、スウェーデン Kamy AB の Johan Richter により原料チップを安定して連続的に高圧の反応槽に送り込む高圧フィーダー技術が発明され、バッチ釜方式に代わる連釜技術の歴史が始まった。商業用 1 号機は、日産 50 トンの規模であったが、現在は、5,000 T/D 以上のパルプ生産、原料供給としては 10,000 T/D の大型連釜が稼働している。70 年の間、KP 蒸解プロセスに様々な改良開発が、また、改良プロセスの操業を可能にする数多くの機器、装置開発が行われてきた。

クラフトパルプ製造プロセスは、理想的な相互プロセスで、木材から繊維分を分離し、溶解した有機分と使用した薬液は回収し、グリーンエネルギーとし、使用済み薬液は再生・リサイクルする。原料として木材を用いる紙パルプ産業は、今後の技術開発により化石燃料を全く必要としない環境、地球にやさしいバイオマスプロセス産業として発展して行く可能性がある。既に連釜技術は溶解パルプ製造用として応用され、実用化された。溶解パルプは、様々な用途に用いられ、化石燃料由来の素材を減らすことができる。2017 年、北欧において、化石燃料を全く用いない Bioproduct mill と称される先進的な製紙工場が稼働する。アンドリッツは、21 世紀の今日、蒸解プロセスを単一のものとして捉えず、KP プロセスを総合的に融合・最適化バイオプロセスとして開発して行く。

(本文 8 ページ)

蒸解釜、洗浄機、及び漂白設備の変遷

バルメット株式会社 パルプ&エネルギー設備プロジェクト部
具 延

クラフトパルプの製造技術は、連続蒸解釜、洗浄機、漂白設備などの開発に伴って、進歩してきたと言える。例えば、バルメットが開発した最新のクラフトパルプのプラントには、新しい蒸解理論である見直された最適クラフト蒸解の 4 つの原則に基づいて開発した COMPACT COOKING™ 蒸解法、出口濃度の高いプレス洗浄機（例えば、TRPE）を主な構成設備とした洗浄工程、改良型の酸素脱リグニンシステムである OxyTrac™、高い

脱リグニン率を持つ高濃度オゾン漂白 (ZeTrac™) などが含まれている。

海外ではこれらの技術・装置を用いた広葉樹クラフトパルプのプラントの設計生産能力は、既に 5,000 ADt/日に達している。一方、国内の既設クラフトパルプの工場を見ると、それらの多くは 1990 年代の前に建設されたもの、或いはこれらの一部がさらに増産・改造されたものである。国内の紙パルプの市場規模の更なる成長が厳しくなった今日、如何にして既設のプラントに関する知識やプロセス技術を継承し、さらに最新のパルプ製造技術を把握してこれらの技術或いはコンセプトを既設のクラフトプラントに活用して、効率よく操業させるかが課題の一つとなっている。

このような状況を踏まえて、本稿では連続蒸解釜、洗浄機、及び漂白設備の変遷を簡単に振り返ってみると共に、これらの設備、及び技術の特徴について紹介することとする。

(本文 21 ページ)

KP 漂白における最適化システムの導入

日本製紙株式会社 秋田工場 製造部
高辻 満

日本製紙(株)秋田工場は、LBKP と NUKP の 2 つのクラフトパルプ製造ラインがあり、漂白工程は D₀-E_p-D₁ のシーケンスである。漂白工程の制御は、従来、オペレーターが監視し、パルプ品質の分析結果によるフィードバック制御であり、完成白色度の基準未達がないよう安全サイドでの薬品調整となっている為、コスト削減の余地があり、我々はバルメット社製の KP 漂白における最適化システム (以下、漂白 APC) の導入を計画した。

自動制御による操業安定とコスト削減が期待される一方、その効果が不明瞭であった為、操業データの分析を行い、プロセス変数 (生産量、各漂白段の滞留時間、漂白薬品添加率、pH 等) を使用したモデリングにより、従来の操業では最終白色度において偏差が ±0.45~0.50 ポイントのバラツキがあることをつかみ、漂白薬品使用量を 2.0~2.4% 削減可能と判断し、漂白 APC の導入に至った。

2015 年 5 月からバンプテスト及び制御チューニングを経て、9 月から運用を開始した。その結果、最終白色度のバラツキが減少し、白色度の下限値は従来と同じ状態で、平均値を下げることに繋がった。漂白薬品使用量は、それぞれ ClO₂ 原単位が 90% に削減、NaOH 原単位が 96% に削減された。一方、H₂O₂ 原単位が 108% に増加したが、漂白工程全体の最適化により、高価な ClO₂ を削減し、安価な H₂O₂ を増加させる漂白ヘシフトさせた為であり、漂白薬品全体では大きく改善されている。

本稿では、漂白 APC の概要とその操業状況について報告する。

(本文 26 ページ)

日本型紙リサイクルの現状と直面している課題

公益財団法人古紙再生促進センター
木村重則

2015 年の日本の古紙回収率は 81.3% (前年比 0.5 ポイント増加)、利用率は 64.3% (前年比 0.4 ポイント増加) と、今日なお向上している。この背景には日本の紙・板紙生産、消費に占める板紙の比率増加もあるが、都市部を中心とした古紙排出関係者による廃棄物削減、資源化の継続的な取り組み、流通・使用関係者による低質古紙利用努力、中国・東南アジア等の経済成長に伴う梱包材用原料古紙に対する需要の拡大が基本的な要因として有る。

本稿では、日本における古紙の回収・流通・利用の現状と高い古紙利用率を支えている日本型紙リサイクルの仕組み及び特徴<安価且つ良質古紙の確保>を述べる。次いで、現在進行中の新聞用紙、印刷・情報用紙の消費減及び古紙の国際化が世界と日本の古紙需給バランスに与える影響を分析し、日本の製紙産業各分野における古紙利用上の課題及び対応方向<リサイクル対応の強化>について考察を行う。

(本文 30 ページ)

DIP 工程を構成する主要設備の基本とその最新技術

相川鉄工株式会社 技術部技術課
奥村順彦

国内の景気動向は明るい兆しを見せ始めたものの、デジタル媒体の普及や環境への配慮から、紙の消費低迷傾向は依然として続いている。また海外への古紙原料の輸出傾向は、中国の景気減速に伴い上げ止まった感はあるものの減少する様子は見えてこない。そのような背景から、国内において、良質な古紙原料の入手はより一層困難になってきている。一方、低坪量製品への対応や抄紙機の高速化等にともない、完成原料に要求される品質基準はより厳しくなる傾向も見受けられる。

この様な背景から、国内の製紙現場においては、より低級な古紙を原料として使用しながら、品質対策を最小限のエネルギーにて実現する技術や設備、歩留を可能な限り維持できるような技術や設備などが必要となってくる。本稿では、DIP 工程を構成する主要設備の基本を紹介するとともに、低級化する原料古紙への最新の取組みについて、以下4つの工程毎に紹介する。

- 1) パルピング工程
- 2) 粗選・精選スクリーニング工程、及びフラクショネーティングシステム
- 3) 高濃度分散工程
- 4) フローテーション工程

(本文 36 ページ)

キャタライザー型脱墨剤の開発

—UV 硬化型インク対応脱墨剤及び脱墨処方の開発—

日華化学株式会社 特殊化学品本部 研究開発部
田中多加志, 吉田武司, 豊原治彦

古紙のリサイクルは環境保護のため重要な課題である。製紙業界では古紙利用率の向上に努めており、低級古紙の利用は避けられない。一方で脱墨パルプの品質はより高品質化しており、低級古紙を高度利用し脱墨パルプの品質を維持することが重要になってきている。

中でも、省エネルギー、VOC 成分を含まないなど、環境保護に対応できる理由で、UV 硬化型インク印刷物が増加している。しかしながら、UV 硬化型インクは、硬化した皮膜が強固であり、融点が高く高温処理しても微細化できない。特にフローテーション処理において大きいインク粒子を泡に吸着させて浮上させることが難しく、系外に除去することができない。古紙再生処理工場では、UV 硬化型インク印刷物を禁忌品として扱わなければならない、古紙の分別が大きな負担となっている。

現在、UV 硬化型インク印刷古紙に対して優れた脱墨剤及び脱墨処方の開発が望まれており、今回、界面科学と触媒科学の技術をハイブリッド化し、初めて UV 硬化型インクの分解を促進し微細化できる『キャタライザー型脱墨剤』を開発した。

また、『キャタライザー型脱墨剤』は、新聞のようにパルプとの密着性の高い酸化重合型インクの分解を促進し優れた剥離性が得られ、再生パルプの品質を向上することができた。

(本文 42 ページ)

ピッチコントロールの基礎技術とその最新動向

—NISSIN-ピッチコントロールメソッド—

株式会社日新化学研究所 研究部
多田秀和

近年の製紙業界では、情報デジタル化の影響などにより古紙流通量が減少し、古紙品質の低下が懸念される中で、紙ユーザーからは紙品質の向上、軽量化などが求められており、優れたピッチコントロール技術が求められ

ている。

ピッチコントロール方法にはピッチ成分をパルプから系外へ除去する方法と、ピッチ問題が表面化するまでのプロセスを抑止する方法があるが、ピッチ問題の多くが原料起因である事などからパルプ工程でのピッチ除去が特に重要である。

従来のピッチコントロール技術には、非粘着化剤、分散剤、凝結剤、酵素剤といった作用の異なる様々な化学的処理方法があるが、どれも一長一短があるため、それぞれの特徴を正しく理解して使用する必要がある。

本稿では、ピッチコントロールの基礎技術の他、最新の技術動向としてフローテーション用ピッチ除去剤、古紙由来の粘着ピッチを分解する酵素製剤、非粘着化/分散/凝結作用を併せ持ったハイブリッド型ピッチコントロール剤について紹介する。

(本文 50 ページ)

パルプ工程スケールコントロールの基礎講座と最近の知見

伯東株式会社 化学事業部 四日市研究所 技術グループ
野口尊生

水を多量に利用する紙パルプ産業では、スケールと呼ばれる難溶性塩汚れが経験される。このスケールトラブルは工程各所で発生するが、クラフトパルプ工程は、水質、pH、温度などの諸条件がスケールにとって好ましいことから、特にスケールが発生しやすい。

クラフトパルプ工程では主として、炭酸カルシウム、シュウ酸カルシウム、硫酸バリウムの3種類のスケールが生成するが、pH条件、温度、水質などの違いにより、生成個所は異なる。

スケール発生をコントロールする方法としては、スケール生成pH域回避やパルプ洗浄強化によるスケール成分持ち込み低減などが挙げられるが、どちらも実現困難である。そこでスケールコントロール剤を用い、スケール発生を抑制するという方法が一般的である。

スケールコントロール剤とは、キレート剤等とは異なり非化学量論的な添加量でスケールを防止する薬剤の総称であり、対象スケールに最適な薬剤を選定することが重要である。

また、近年のダイジェスタースケールコントロール要求の高まりに応えるため、次世代ダイジェスタースケールコントロール剤デポナックス P-78 を開発し、高い効果を示すことを確認した。

(本文 55 ページ)

森林総研におけるバイオマス研究

国立研究開発法人 森林総合研究所 木材研究部門・森林資源化学研究領域・木材化学研究室
池田 努

森林総研では、以前より木材成分を有効利用するための研究に積極的に取り組んでおり、現在においても数多くのバイオマス研究が進められている。今回は、その中でも、産・学・官連携のもとで進められた課題を含む、比較的規模が大きいプロジェクト研究を紹介する。

プロジェクト研究の中には、森林総合研究所内外にベンチプラントを建設し、原料となるセルロースナノファイバー (CNF) やリグニンを、関係企業・研究機関に供給しているものもある。バイオマス利用に対して興味やアイデアはあるものの、CNF やリグニンを手に入れる手段がない企業および研究機関は多く、森林総研は、CNF やリグニンの供給元となり、これらの企業および研究機関のバイオマス研究をサポートする役割も果たしている。

(本文 60 ページ)

エネルギーソースとしての木材資源の可能性と限界

北越紀州製紙株式会社 環境統括部
中俣恵一

現在、間伐材等の未利用木材を発電用燃料として利用することが注目され、FIT 制度に基づくバイオマス発電ボイラが次々と建設されている。日本の森林の生長量の内、利用可能な量は年間約 2 千万 m³ であるが、未乾燥の木材は発熱量が低いことなどから、この全量を発電用燃料に利用した場合でも日本の総発電量の 1% に満たない電力しか得ることができない。

一方、日本の国産木材使用量は年間約 2 千万 m³ であり、その 39% を紙パルプ業界が製紙原料として使用している。山林の作業員数は限られていることや、間伐材等の未利用材等として森林経営計画を策定した森林や国有林などからの（間伐ではない立派な）木材も加えられたことから、燃料用途の伐採に山林作業がシフトし、製紙原料用の木材伐採が大幅に減少する可能性が出てきた。

(本文 63 ページ)

クラフトパルプ製造設備改造後の操業経験

大王製紙株式会社 三島工場 クラフトパルプ部 クラフトパルプ第一課
松島賢治

三島工場では抄紙機の増設増産に対応すべく、クラフトパルプ製造設備の増産改造を繰り返し行ってきた。その増産改造は、段階的に不足する設備を追加するというやり方だったため、機器台数やパルプ動線距離の増加等、エネルギーの増大も伴う結果となっていた。

一方で、生産構造の変化に伴い、2011 年に NKP 2 系列を蒸解釜、酸素脱リグニン設備と漂白設備からなる 1 系列に集約した。LKP 系列でも 2012～2013 年に機器大型化（台数削減）や設備間の機器配置見直しによる省エネルギーを視野に入れた抜本的な増産改造を行ってきた。

今回、さらに生産品種のシフトによるパルプ使用量増加に対応するため、LKP 改造工事等で遊休となった機器を最大限に利用して設備投資額を抑えた増産改造を行った。その改造で NKP 系列の日産を 650 t/日から 950 t/日までアップし、国内で最も高い生産能力を有する設備とした。

改造のコンセプトは次のとおりである。

- ・ 蒸解方法改良による連釜操作性改善
- ・ 熱回収による省エネルギー
- ・ 洗浄効率アップによる薬品低減
- ・ 遊休設備の最大限の利用による機器大型化

蒸解工程は、チップコラム下降を促進できる Valmet 社の Compact Cooking G 1™ への改良、合わせて精選工程の増強、および漂白工程の改造を行った。

改造に先立ち操業員への教育を行い、操業員全員参加での立ち上げと操業安定に取り組んだ。この結果、白液の分散添加比率の調整や液比の見直しなど、早期に運転のやり方を掴むことができ、当初目的としていた成果を前倒しして達成した。

(本文 66 ページ)

TMP 省エネの取り組み

王子製紙株式会社 苫小牧工場 パルプ部
新屋 勝

王子製紙苫小牧工場では、古紙パルプの増使用が進むにつれ、それまで品質依存度の高かった TMP の生産条件を見直す環境が徐々に整ってきた。

2008 年燃料高騰によるオイルレス操業への移行に伴い、消費電力が高い TMP の電力原単位低減が求められ

たことから、2009年より段階的な省エネ対応、すなわち、(1)プレヒーティング条件の見直し、(2)スクリーン粕量の低減、(3)省エネプレートの導入、(4)リファイニングシステムの3段から2段への変更を進め、20%以上の省エネを達成することができた。さらに、リファイニング濃度の変更、電力負荷バランスの最適化、フリーネスの変更などにトライした結果、最終的に、設備変更を殆ど行なうことなく、TMPリファイナー電力原単位を当初より30%削減した。その概要を報告する。

(本文 70 ページ)

研究報文

ショートスパン法による段ボール原紙圧縮強度の評価

王子ホールディングス株式会社 紙パルプ革新センター
平野大信, 小林孝男

年々、段ボール原紙の薄物化が進んでいる中、坪量減少による強度低下を補うために、紙力剤を増添する等の対応を行うのが一般的である。しかしながら、最近の薄物原紙においては、紙力剤を添加しても、段ボール原紙の重要特性の1つである「リングクラッシュ圧縮強度」が十分に向上しない事例が散見される。またこれに伴い、原紙の圧縮強度から箱圧縮強度を推定することが困難になってきている。そこで、特に薄物においてはリングクラッシュ圧縮強度よりも優位であることが知られている「ショートスパン圧縮強度」の妥当性について再考した。

まず、リングクラッシュ圧縮試験のFEMシミュレーションにより、圧縮強度に対する紙厚の影響について調査を行った結果、紙厚が小さくなるほど圧縮強度も低下する傾向が認められ、リングクラッシュ法は基本的に座屈の影響を受ける測定法であることが確認された。また、紙厚が特に小さい場合、変形エネルギーの低い座屈モードに変化するため、圧縮強度の低下が顕著であることがわかった。

次に、通常中芯および軽量中芯をそれぞれ使用した箱の圧縮強度と原紙の圧縮強度の相関を調査したところ、リングクラッシュ圧縮強度よりも、ショートスパン圧縮強度との相関が高く、原紙の圧縮強度から箱圧縮強度を予測する場合、ショートスパン圧縮強度のほうが正確である可能性が示唆された。

以上より、段ボール原紙の圧縮強度はショートスパン法により評価することが妥当と考えられる。

(本文 78 ページ)