

製紙技術としての紙物性とその考え方

京都大学 農学研究科 森林科学専攻
山内龍男

Paper physics (紙物性) はマクロからミクロにわたる紙構造に大きく依存し、その紙構造を作るのが製紙および加工技術である。それ故紙物性は製紙工程、印刷や包装を含む紙加工工程、物流を含む紙の最終使用からリサイクル過程をも包含したそれらの基礎科学であり、JISをはじめとする紙の規格や試験法の根幹を担っている。本稿では紙構造と物性の関係につき例を挙げて説明すると共に、紙物性研究を行う際の重要な幾つかの点を述べる。その優れた環境・リサイクル特性を考えれば、今後も紙は広く使われるであろうが、またそのためにも、従来の紙物性研究の延長に加えて、今後は紙の加工やその使用に関連した物性研究が一層期待される。

(本文 5 ページ)

塗工装置の技術変遷

ーブレードコータのアプリケーション

株式会社 IHI フォイトペーパーテクノロジー 塗工仕上技術部
石塚克巳

ブレードコータの場合、従来は、ブレード(メタリング)で塗工面の均一(平滑)塗工を行ことが出来たので、アプリケーションは重要視されていなかった。その後、広幅、高速操業の時代を迎えると、ブレードのみでの塗工面の均一化が難しくなり、均一塗工が出来るアプリケーションの必要性が生じた。日本でジェット式が研究開発され、現在ではブレードコータの世界標準となっている。均一塗工が出来るジェット式アプリケーションの研究開発方法を基として、さらに次世代の、メタリングがない理想的な輪郭塗工方式の製紙用コータ、カーテンコータ(DFコータ)が開発された。特殊コート紙の生産に使われているが、カーテン塗工方式の持つ操業面、品質面における特徴を生かしてブレードコータ品とは違ったコート紙の生産が開始されている。

(本文 12 ページ)

塗工カラーの粘弾性挙動と流動性改質剤の効果

ソマール株式会社 技術開発部
春日一孝, 但木孝一, 佐々木かおり

近年、生産性向上のため塗工速度の高速化に伴い、塗工カラーの操業性向上に対する要求がより厳しい状況になってきている。操業性の管理方法には、従来から塗工カラーの特性としてB型粘度、保水力、ハイシエアー粘度などが測定されているが、これらがコーターでの操業トラブルであるブリーディングの発生と必ずしも関連していないことに気づいた。これは、塗工カラーの原紙へのアプリケーションの後、ブレード下において非常に大きなせん断応力を急激かつ短い時間間隔で受ける。この状態下では、塗工カラーは流動体というより固体的に反応していると考えられるため、従来の評価方法だけでは不十分である。

当社では、この塗工カラーの高せん断応力下における固体的性質に着目し、種々の条件で作製した塗工カラーについて粘弾性測定を行った。粘弾性の評価には「貯蔵弾性率 G'」と「損失弾性率 G''」から算出した「損失正接 $\tan \delta$ 」をパラメータとして採用し、ブリーディングの発生について検討を行った。その結果、保水性と $\tan \delta$ がブリーディングの発生に大きく関連していることがわかった。この知見に基づき、当社では保水性と粘弾性をコントロール可能な流動性改質剤「ソマレックス」の開発を行い、操業性や塗工紙物性の改善に向けた提案を行っている。

(本文 18 ページ)

澱粉の基礎及び紙塗工用澱粉

日本食品化工株式会社 澱粉営業部
三輪智弘, 芦川正高, 松本行司, 糠塚保二

澱粉は植物の光合成によって生成される植物自身の蓄積エネルギーである。ここ日本ではとうもろこしやキャッサバ芋から精製されるコーンスターチやタピオカ澱粉が一般的である。これら澱粉はメーカーが用途に応じて適切な化工を施すことで様々な分野で利用されており、製紙業界だけで見ても内添、表面サイズ、コーティング、スプレーの各工程においてその位置付けを確立してきた。

澱粉は水に懸濁して加熱することで粘性を有した糊となる特性を持っており、この物性により内添では紙の強度向上、表面サイズでは紙の表面強度向上、コーティングでは顔料の接着剤としての役割に加えて印刷適性の向上、スプレーでは層間接着等の役割を担っている。しかし、澱粉糊は適切な温度範囲外で保存すると老化と呼ばれる物性の変化が起こり易く、澱粉塗工量のバラツキや工程での異物発生等の紙品質や操業に影響を及ぼすことが知られている。それを避けるために澱粉メーカーは事前に適切な化工を施しているが、工程での適切な温度管理（50～70℃）が重要である。

紙塗工用澱粉は顔料を紙に接着させる目的で使用され、高濃度においても高い粘度安定性を有する化工度の高い澱粉の使用が一般的である。紙塗工用澱粉はカラーの保水性向上、顔料との相互作用によるバインダーマイグレーションの抑制や剛度向上等の目的でも用いられ、高品位の塗工層形成を可能とする。また、近年ではコーティングカラーの高濃度化と高速塗工の要求に対応するため、弊社では尿素リン酸エステル化澱粉の他、カルバミン酸エステル化澱粉を上市し、市場の拡大を図っている。

(本文 23 ページ)

塗工用途における顔料使用の発展

イメリス ミネラルズ カオリン・アクティビティ
クリス ナットビーム
(通訳) 株式会社イメリス ミネラルズ・ジャパン
三沢悦也

コート紙およびコート板紙における塗工の目的は原紙のパルプ繊維を被覆して表面を均一化し、紙の外観と印刷物の品質を向上させるところである。様々な顔料が使用されるが、主要な顔料は炭酸カルシウムおよびカオリンである。炭酸カルシウムには重質炭酸カルシウム（GCC）と軽質炭酸カルシウム（PCC）がある。

過去 10 年間、成熟したマーケットにおいて紙・パッケージの需要が継続的に減少し、また縮小した需要の中で炭酸カルシウムへのシフトが選択されたためカオリンの減少が著しく、過去 5 年間での炭酸カルシウムの落ち込みが年率 1.2% であるのに対し、カオリンは年率 2.4% と予測するが、実際はそれ以上かもしれない。

最近の顔料開発の事例では、扁平な粒子形状を持つカオリンと炭酸カルシウムとの配合によって高価な塗工層構造が可能となり、被覆性および表面物性の両方が改善された。これによって光学特性を維持させながら白ライナーの白層の塗工量を大幅に削減することが可能となった。また特殊紙の例では、カオリンの使用によって剥離紙におけるシリコンまたは親水バリア材の保持性が改善し、最終コストを削減させることができた。

(本文 29 ページ)

最近のラテックス技術動向

JSR 株式会社 製造技術第一センター
渡邊 武

塗工紙の印刷強度と実機コーターの操業性（バックングロール汚れ）といった、相反する性能を両立させる手段としてラテックスの粒子制御、モルフォロジー制御、ポリマー構造制御を推進することで可能となった。また、ラテックスポリマー構造制御の進化は、印刷強度とメルトフロー特性のバランスを向上させ、オフセット輪転印

刷時のプリスターも良好となった。

ラテックスの小粒子径化は、物理的に比表面積が増すことでカラーの高速流動性が改善され高速塗工化を可能にし、塗工紙の印刷強度においては、顔料との接着点増加に繋がるためバインダー部数の削減が可能となる。しかし、ラテックス使用量削減に伴う塗工層強度の低下をポリマーの低 Tg 化で補おうとすると、フィルムの高粘・接着能が高くなり操業性が悪化するという二律背反の関係にあった。この矛盾する性能に対し、ラテックスポリマー粒子をコアシェル構造とし粒子表面を水溶性官能基モノマーで修飾することによって操業性を高め、ポリマーを構成する分子を低架橋高分子量化することで印刷強度を発現することができる。これらの技術により 2003 年当時、カラー配合中に 8%程度使用していたラテックスが、現在 5%程度に減配され印刷強度と操業性が維持できている。

一方、オフ輪印刷時のプリスター発生に関しては、カラー配合中のラテックス部数削減や炭酸カルシウム増加で塗工紙の透気性が良化することで改善傾向を示す。また、ラテックスポリマー構造制御の進化により、従来の印刷強度が弱い低 Gel ラテックスの必要性が薄れ、現在は印刷強度が強い高 Gel ラテックスによるバインダー量削減が主流となっている。

(本文 35 ページ)

家庭紙の生産性向上対策 —クレーピング用剥離剤の開発と実績—

株式会社メンテック 富士営業所 アプリケーション開発課
稲松 遼

近年、古紙価格の高騰による原料の粗悪化や品質向上を目的とした柔軟剤配合により、フェルトの汚れが増加し、湿紙の水分プロファイルが不均一になりやすい傾向にある。その影響により、ヤンキードライヤー（以下 YD）幅方向において、YD の幅方向で皮膜の厚さが不均一となる現象（以下、皮膜ムラ）が発生する。また、ソフトネス向上を目的とした柔軟剤の配合や製品仕上げ水分率の上昇は、YD 上の皮膜が水分影響を受けやすい状況を生み出し、皮膜ムラを助長する。

皮膜ムラは、製品の品質不良の原因になり、場合によっては、YD の損傷にも繋がる。この対策としてドクターの短時間交換や YD の定期的な研磨等を実施せざるを得ず、家庭紙の生産性を著しく低下させている。

新規剥離剤『MRA』シリーズは、コーティング剤と混合し、YD に散布された後、皮膜表面にオイル相を形成する。このオイル相が水に馴染みにくいことで、湿紙水分が皮膜へ侵入しにくくなり、皮膜の影響を低減できる。これにより幅方向での皮膜形成量の差を低減することが可能となり、YD 上にムラのない皮膜を形成できるため、クレープムラによるシワやカカレ等の品質低下や断紙の発生を低減できる。また、皮膜不足箇所や柔軟剤の使用下においても、皮膜量の増加が可能である。

『MRA』シリーズを適用することで、高水分時、柔軟剤使用時の皮膜安定化、形成促進が可能であり、製品品質向上にとどまらず、湿紙の乾燥向上による蒸気原単位の削減、増速等の生産コスト削減等の効果も期待される。

(本文 43 ページ)

請負作業の見える化

日本ビジネス革新コンサルティング株式会社—JBIC—
久保田 誠

現在、人件費の抑制や業務量の変動に応じた労働量の調整等のため、請負作業は多くの製造現場で欠かせない存在となっている。しかしながら、請負契約規制などの難しさから、適正な請負管理ができておらず、コストアップしてしまっている例も多い。このような事態を改善していくためには、請負管理を“見える化”し、あるべき姿を構築していくことが重要である。

ここでは、あるべき姿を構築するステップと、そのために必要な実態調査の手法や考え方を紹介する。

あるべき姿を構築するステップは、以下である。

- 1) 請負作業の実態調査と問題点発掘
- 2) 重点課題の構想
- 3) 課題改善計画の作成
- 4) 課題改善計画の実行

この中で、始めに重要となるのは実態調査であり、実態調査により現状を把握できれば、問題点の抽出、あるべき姿の構築、適正な請負価格の設定を行うことができる。そのステップは以下となる。

- ① 作業内容の把握
- ② 作業範囲の明確化
- ③ 作業時間の調査
- ④ 作業難易性の調査
- ⑤ あるべき作業の構築・作業時間の削減
- ⑥ 料率・固定費の算出

実態調査は、はじめに作業内容の把握や作業範囲の明確化が必要である。これは、実際の作業観測時に観測範囲を明確にするためである。次は明確になった対象の作業時間を現場の問題点をとらえながら計測することである。更に作業の難易性を技術熟練度や肉体・精神的疲労度で点数化してランク分けし、その合計点で作業難易性を決める。以上の調査から得られた結果と問題点を基に、あるべき作業の構築と作業時間の削減を行い、適正な請負価格を算出していくのである。

今回は、あるべき姿を構築するステップとして、重点課題の構想化までの紹介であり、改善計画の作成や改善計画の実行は省略している。しかし、課題が明確になれば、改善計画は立てやすく、実行もやりやすくなるであろう。

請負作業の支出が大きく、その根拠も曖昧になっているという企業の方は、まずは“見える化”を実践していただければと思う。

(本文 48 ページ)

シリーズ

日本の製紙産業の技術開発史：第二次大戦以後

第4回 輸入チップの開発と日本型工場モデル（その2）

飯田清昭

前号で紹介したように、日本の製紙産業は、世界各地からの輸入チップをベースに、臨海の既存工場に大型のパルププラント（その多くはKPプラント）を建設し、パルプから紙までの一貫生産工場にする方式を作り出した。これは次のような効果を生んだ。

1. 輸入チップからの一貫生産を加えることで、工場が大型化し、すべての面で生産性の高い工場となり、国際競争力を持つことができた。
2. パルプ（KP）の歩留りは50%程度であるが、残りの有機分は、KPの回収プラントで発電と紙乾燥用の蒸気を生成する有用なエネルギー源である。産業全体とし、黒液からの回収エネルギーは、購入重油のエネルギー量にほぼ匹敵した（1993年）。
3. 日本の広葉樹チップの高コストは伐出費にあり、海外からチップを、運賃をかけて持ってきても引き合うとのみなされていた。
4. チップ輸入が軌道に乗りだしたところで、海外チップの高騰が続いた。これは、同じ時期の円高の進行で帳消しとなった。
5. 国内の生産量以上のチップが輸入されたことで、国内のチップの価格高騰が抑えられ、国内材の過伐採が抑制され、より安定した木材原料の供給が可能となった。
6. 円高は輸入紙の圧力を増したが、輸入チップ価格に有利は動き、為替のヘッジとなった。

この後、日本の製紙産業は、古紙利用にさらなる原料を求めていく。

(本文 55 ページ)

技術報文

北秋田市に建設した木質バイオエタノール製造実証プラントの 運転報告

国立研究開発法人 森林総合研究所
真柄謙吾, 野尻昌信, 渋谷 源

森林総研は、林野庁平成 20 年度森林資源活用型ニュービジネス創造対策事業の下、秋田県北秋田市に木質バイオエタノール製造実証プラントを建設し、2009 年 6 月から 2012 年 9 月までその運転を行った。このプラントでは、製紙用スギチップを原料に、パンディア型横置き連続蒸解釜（チップ処理量 1.5 t/day）によりソーダ・アンソラキノン蒸解パルプを製造し、これをセルラーゼで糖化した後、糖液を逆浸透膜で糖濃度 10% 以上に濃縮し、酵母菌で発酵してエタノールへ変換した。尚、使用するセルラーゼのコストを削減するため、同時に酵素のオンサイト生産も行った。エタノール収量は 216 L/1 BDT スギチップとなり、処理量 250 BDT/day の規模でエネルギー収支の試算を行ったところ、蒸解からエタノール蒸留までのプロセスで消費する蒸気量 825 eT/day に対して直接苛性化法による回収ボイラから発生する蒸気量は 1102 eT/day となり、277 eT/day が余剰となった。同じく消費する電気量 119 MWh/day に対してコジェネレーションから発生する電気量は 190 MWh/day となり、71 MWh/day が余剰となった。また、コスト試算から変動費は 98 円/L となり、このうち約 60% が原料費であった。さらに全製造コストは、263 円/L となり原料費と減価償却が大きな比率を占めていることが明らかとなった。よって、バイオエタノール製造をビジネスとして成立させるには、減価償却の終了した設備を使用してより安い原料でバイオエタノールを製造するとともに、余剰エネルギー分のリグニンを原料として同時に高付加価値製品を生産するバイオリファイナリー的な取り組みが必要と考える。

(本文 72 ページ)