

板紙用高浸透性表面紙力増強剤の開発



研究開発本部 製紙薬品事業 PS3 グループ
相野谷 卓 AINOYA TAKU

1 緒言

近年、板紙の製造において、CO₂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（厚み方向）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。

2 段ボール原紙の薄物化による強度低下

段ボール原紙の薄物化（＝軽量化）は強度への影響が非常に大きい。パルプ繊維数や繊維間結合数が減少するため、必然的に紙力低下が起こり、更には、段原紙の厚みの減少により、リングクラッシュ（＝RC）圧縮強度^{※1}が著しく低下する。薄物化による強度の低下を補う方法としては、パルプスラリーに内添紙力増強剤を添加する方法があるが、内添紙力増強剤を増添するにつれて紙への歩留まりが低下するため、目標とする強度を発現するためには多量の添加が必要となり、操作性の悪化、コストアップ等種々の問題が生じる。そのため、この薄物化した段ボール原紙の高強度を効率的に達成するためには、内添紙力増強剤の添加に加えて表面紙力増強剤の表面塗布が有効となる。

※1 リングクラッシュ（＝RC）圧縮強度：段ボール及び包装箱の製造に使用される板紙切断面の垂直方向の圧縮強さ

3 高い圧縮強度を発現するために必要な要素

過去の検討結果より、①表面紙力増強剤塗布液を紙のZ軸方向へ均一に分布させる。②分子量を高めることで高い圧縮強度を付与できることがわかっている。そこで、以下の設計方針で開発を実施した。

- ①表面紙力増強剤塗布液の紙中への浸透性を高める
- ②表面紙力増強剤の高分子量化

3-1 PAM系表面紙力増強剤塗布液の紙中への浸透性について

まず初めに表面紙力増強剤塗布液の粘度と紙中への浸透性について、DPM（動的浸透性テスター）を用いて検証を行った。図1に示すように、塗布液の粘度が高い場合、塗布液の紙中への浸透性が低く、塗布液の粘度が低いほど、塗布液の紙中への浸透性が高いことがわかる。

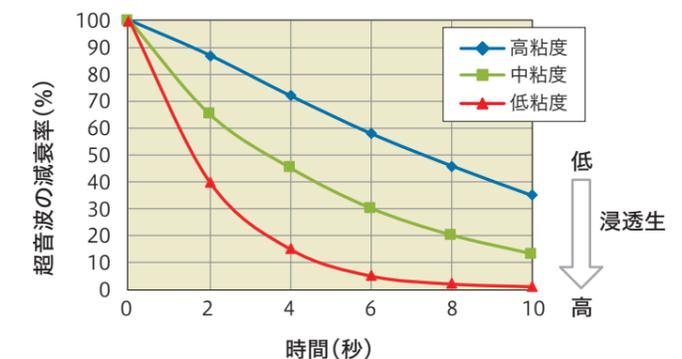


図1 表面紙力増強剤塗布液のDPM測定結果について

3-2 PAM系表面紙力増強剤の低粘度高分子量化の検討

表面紙力増強剤塗布液の紙中への浸透性を高めるべく、表面紙力増強剤の低粘度化を実施した。**表1**のサンプルAに示すように、従来のPAM系表面紙力増強剤対比、ポリマーサイズを小さくし、ポリマーの低粘度化を行った。しかしながら、単純に低粘度化すると分子量も低下するため、圧縮強度の低下が懸念される。そこで、サンプルB、Cに示すように、ポリマー密度を高めることにより、低粘度かつ高分子量となる設計とした。

これらのサンプルについて塗布評価を行ったところ、**図2**に示すように従来品対比サンプルAは低粘度化による紙中への浸透性が高まっているものの、低分子量であるため、紙力効果は低下する結果であった。これに対し、サンプルCは紙中への浸透性が高いことと、PAMの高分子量化により、従来品対比性能向上が見られた。しかしながら、澱粉は安価なため、約1/3量で強度同等ではコストパフォーマンスが劣る結果であり、更なる改良を実施することとした。

項目	従来品	サンプルA	サンプルB	サンプルC
ポリマーサイズ	大	小	小	小
粘度	高	低	低	低
分子量	中	低	中	高
ポリマーイメージ				

表1 低粘度高分子量品の設計

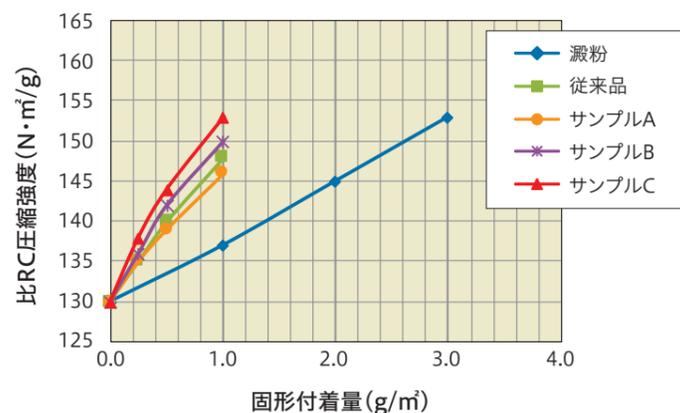


図2 低粘度高分子量品の性能評価結果

塗布方法：バーコーター両面塗布→回転ドライヤー(105°C×60秒)
塗布濃度：澱粉=4、8、12%、PAM系表面紙力増強剤=1、2、4%
吸液量：25g/m²

3-3 紙中のイオン成分との相互作用について

低粘度を維持してPAMの分岐度を高めていくと、ポリマーの架橋反応を制御できなくなりゲル化するため、低粘度を維持しつつ、サンプルCを上回る高分子量化は非常に困難であった。

そこで、紙中のイオン成分と相互作用しうる特殊な官能基をポリマー中に導入することで、塗布液の浸透性を悪化させず、紙中でポリイオンコンプレックス (=PIC) を形成し、(擬似)高分子量化ができるのではないかと考えた (**図3**)。

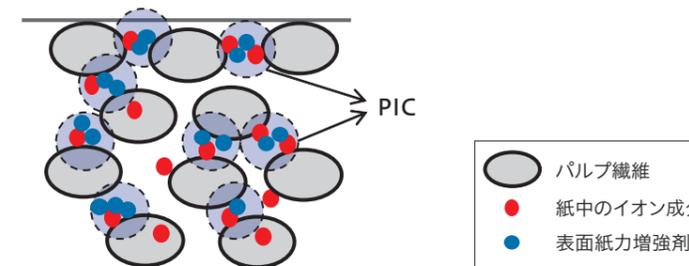


図3 塗布紙断面の紙中PICのイメージ図

①紙中のイオン成分との相互作用についての検証

紙中のイオン成分との相互作用を高めるべく、サンプルCに特殊な官能基を導入したサンプルDを試作した。

これらのサンプルについて紙中のイオン成分との相互作用を数値化すべく、紙中のイオン成分とPAM系表面紙力増強剤の混合液の濁度を測定した。濁度数値が高い程、PIC形成による不溶化が起こっていると考えられ、紙中のイオン成分との相互作用が強いことを示している。結果として、**図4**に示すように、ポリマー組成中に特殊な官能基を導入したサンプルDは濁度が高い結果となった。

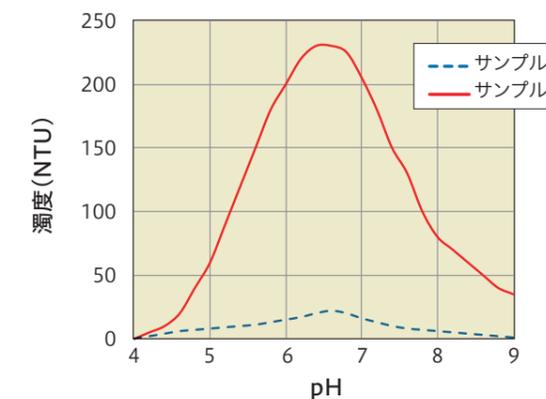


図4 紙中のイオン成分との混合濁度

②表面紙力増強剤塗布紙の断面観察

また、表面紙力増強剤の紙中分布状態を可視化するために、サンプルC、DをZ軸方向に均一に浸透させた紙を作成し、SEM-EDSによる紙断面の窒素元素マッピング分析を行った。画像データの中で表面紙力増強剤由来の窒素分が均一に分布していると黄色が薄くなり、局所的に存在していると黄色が濃くなる。結果として、**図5**に示すように、紙中のイオン成分と相互作用しやすい特殊な官能基を導入したサンプルD塗布紙は、紙中の窒素分が一部多く分布する箇所が見られ、紙中のイオン成分と相互作用することで、定着状態の変化、およびPICの形成が起こっている可能性がある。

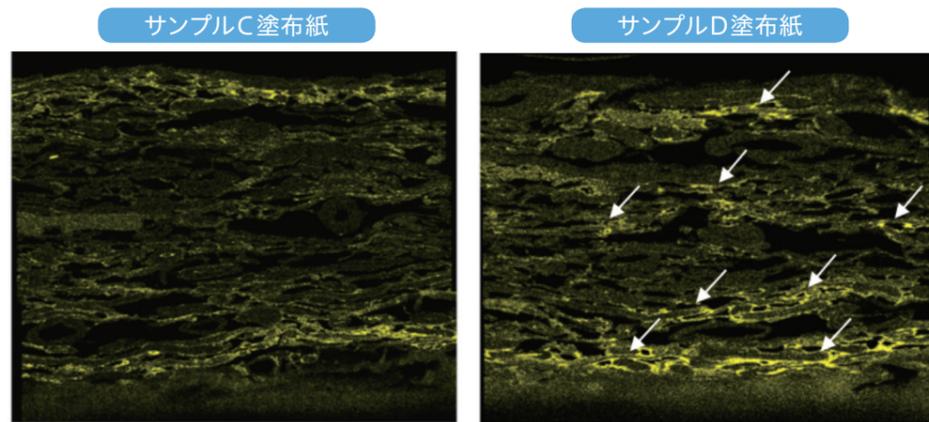


図5 表面紙力増強剤塗布紙断面のSEM-EDS写真

4 高浸透性表面紙力増強剤の性状

今回新たに開発した「高浸透性表面PAM」は、従来の表面紙力増強剤対比、大幅な低粘度化、ポリマーの高密度化およびポリマー組成中に特殊な官能基を導入することにより、紙のZ軸方向への浸透性と紙中での擬似高分子量化が両立でき、高い圧縮強度を達成した。開発品の性状を**表2**に示す。

項目	従来品	高浸透性表面PAM
濃度(%)	30	30
粘度(mPa・s)	3,000	200
pH	7.0	7.0
イオン性	アニオン	アニオン
分子量	中	高
ポリマーイメージ		

表2 開発品の性状

4-1 塗布液粘度と紙中への浸透性について

粘度が高い表面紙力増強剤塗布液を塗布する場合、塗布ムラや液はねによるマシン汚れなどの懸念がある。また、紙中への浸透性が低下し、表面紙力増強剤が紙表層に留まることにより、目的とする高い圧縮強度を達成できなくなる懸念がある。各種表面紙力増強剤希釈液について、DPM（動的浸透性テスター）を用いた塗布液の紙中への浸透性を確認した。今回新たに開発した「高浸透性表面PAM」は、**図6**に示すように、従来品と比較して高い浸透性を示す。また、澱粉と比較した場合でも、「高浸透性表面PAM」の方が紙中への浸透性が高く、塗布適性の良化だけでなく、高い圧縮強度も期待できる。

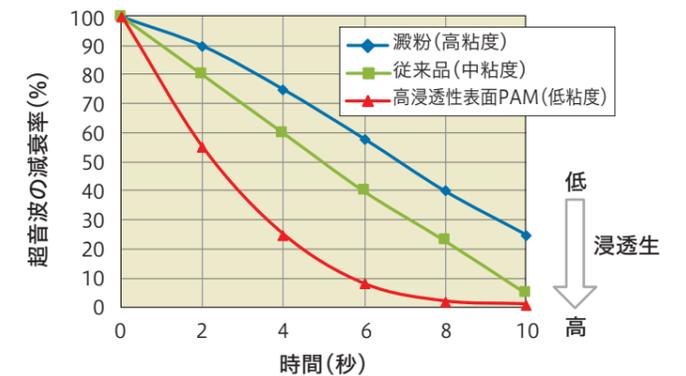


図6 各種表面紙力増強剤塗布液の紙中への浸透性について

4-2 性能

表面紙力増強剤として、澱粉、PAM系表面紙力増強剤の従来品、ならびに「高浸透性表面PAM」について性能の比較評価を行った。国内板紙メーカーの坪量160g/m²の中芯原紙に、パーコーターを用いて、吸液量を両面25g/m²で一定とし、表面紙力増強剤の濃度を変化させることにより固形付着量を変えた塗布紙を作成した。**図7**に、表面紙力増強剤の固形付着量とCD方向^{※2}の比リングクラッシュ圧縮強度の関係を示した。結果として、従来の表面紙力増強剤では澱粉の約1/3量で同等の圧縮強度を示したが、「高浸透性表面PAM」は、澱粉の約1/5量で同等の圧縮強度を示した。

※2 CD方向：紙の抄き方向に対して垂直の方向

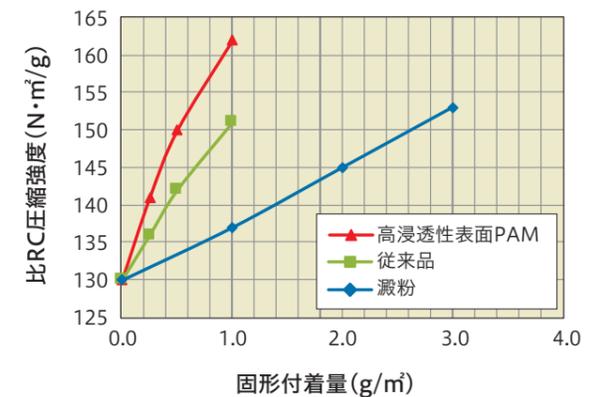


図7 各種表面紙力増強剤の性能評価結果

塗布方法：パーコーター両面塗布→回転ドライヤー(105°C×60秒)
塗布濃度：澱粉=4、8、12%、PAM系表面紙力増強剤=1、2、4%
吸収量：25g/m²

4-3 貼合性への影響

一般的に、表面紙力増強剤を段ボール原紙に塗布すると、パルプ繊維間の空隙に表面紙力増強剤の乾燥した樹脂が目詰めされ、段ボール成形時に中芯とライナー^{※3}を接着させる貼合糊が原紙内部に浸透し難くなり、貼合不良や、段ボール箱の強度低下を引き起こすとされている。国内メーカーの坪量160g/m²の中芯にパーコーターを用いて、各種表面紙力増強剤を片面塗布し、水の浸透速度をDPMにて測定した結果を図8に示す。PAM系表面紙力増強剤は澱粉と同じ強度を出すためには1/3～1/5の塗布量でよいため、従来品は1/3量、高浸透性表面PAMは1/5量を塗布した塗布紙を評価に用いた。結果として、澱粉塗布紙の水の浸透性が最も悪い結果となった。一方、従来の表面紙力増強剤塗布紙と比較して、「高浸透性表面PAM」塗布紙は、水の浸透性良好な結果が得られた。今回新たに開発した高浸透性表面PAMは、段ボール成形時の貼合や段ボールの箱強度に悪影響が少ない特長を有している。

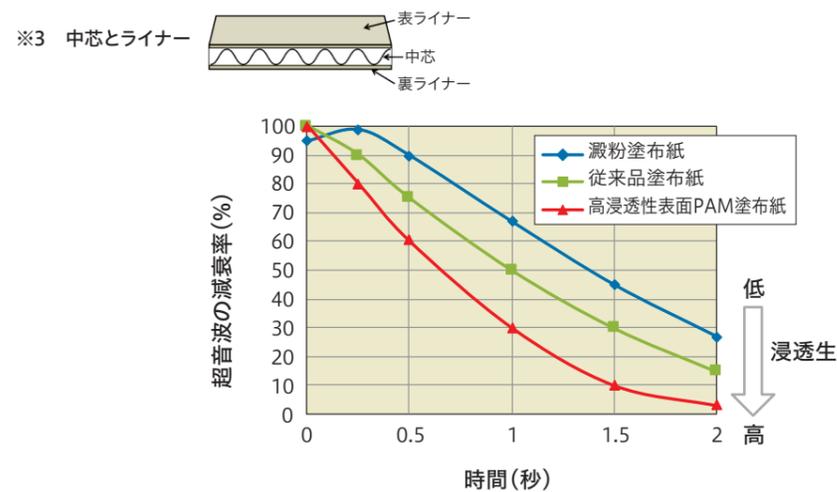


図8 各種表面紙力増強剤塗布紙への水の浸透性について

塗布方法 : パーコーター両面塗布→回転ドライヤー(105°C×60秒)
固形付着量: 澱粉=3.0g/m²、従来品=1.0g/m²、高浸透性表面PAM=0.6g/m²

5 まとめ

本報では、ポリマーの低粘度化による塗布液の紙への浸透性を高め、また、紙中のイオン成分と相互作用しうる特殊な官能基を導入することにより、段ボール原紙へ優れた圧縮強度を付与することができ、段ボール成形時の貼合性に悪影響が少ない高浸透性表面PAMを紹介した。

弊社では、今後を見据えた塗工環境や市場の変化に備えて、この高浸透性表面PAMの工業化および更なる用途展開に向けた検討を進めている。こうした取り組みを通して製紙薬品メーカーとして安定した品質の薬品供給を達成し製紙業界の発展に貢献していきたい。