

## GX志向型表面紙力増強剤

研究開発本部 水系ポリマー開発部 PS1 グループ  
服部 大志

Hattori Hiroshi



## 1 はじめに

経済活動と環境保護は、トレードオフの関係にあると考えられてきた。産業革命以降、経済成長が優先されてきた結果、20世紀後半には地球温暖化やオゾン層破壊といった環境問題が顕在化した。一方、環境保護を過度に重視すると、コスト競争力の低下を招く。そこでグリーントランスフォーメーション(GX)とは、新規技術や素材の活用により、環境保護を経済成長の機会ととらえ両立していくという考え方である。近年、板紙の輸送効率化の一環として、薄物(低坪量)化するトレンドが見られるが、坪量が減少すると紙の強度が低下するという課題がある。そのため、強度を補う手法の一つとして、紙に紙力増強剤を塗布する方法がある。これまで、安価な原料として澱粉が広く使用されてきたが、多量の澱粉塗布が必要となり、乾燥負荷や排水負荷が高くなるというデメリットがある。

当社は、ロッドメタリングサイズプレスを使用する板紙用途を想定し、ポリアクリルアミド(PAM)を主成分とする、紙への浸透性の高いPAM系表面紙力増強剤(以下、高浸透性表面PAMと略す)を開発した。実機にて澱粉から高浸透性表面PAMに置換した結果、エネルギー使用量の削減を実現できたことで、国内複数のユーザーにて採用され、実績を積んできた。

## 2 製紙業界におけるGXの取り組み

製紙業界では、経済成長として「新領域への展開」、環境保護として「カーボンニュートラル」の2つの側面からGX実現を目指している。新領域への展開としてはセルロースナノファイバー(CNF)の特性を活かした素材開発や木質資源由来のバイオエタノールなど、多様な展開先がある。また「カーボンニュートラル」としては計画的な植林やバイオマス燃料の活用などが挙げられ、身近なところでは輸送の効率化も二酸化炭素排出量削減には不可欠である。紙の薄物化も輸送効率化の一例で、二酸化炭素削減に貢献できる取り組みである。

## 3 段ボール原紙の薄物化について

段ボール原紙の薄物化は、使用原料の削減や抄造時の乾燥負荷の低減、成紙の輸送効率向上といったメリットが生じる。しかし、パルプ繊維数や繊維間結合数が減少するため強度の低下が避けられず、特にリングクラッシュ圧縮強度が大きく低下する(図1)。強度低下を補う手段の一つとして、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。但し、内添紙力増強剤を多量に添加すると強度の向上が頭打ちになることや、紙への定着率が100%ではないがゆえに抄紙系中に滞留し、泡や汚れといった操作性の悪化を引き起こす可能性がある。内添紙力増強剤以外の手段としては、乾燥後の紙に薬品を塗布する方法もあり、紙を再度乾燥させなければならないデメリットがあるが、紙への歩留まりが100%である点は強みである。塗布する表面紙力増強剤としては、過去から安価な澱粉が広く使用されてきた。

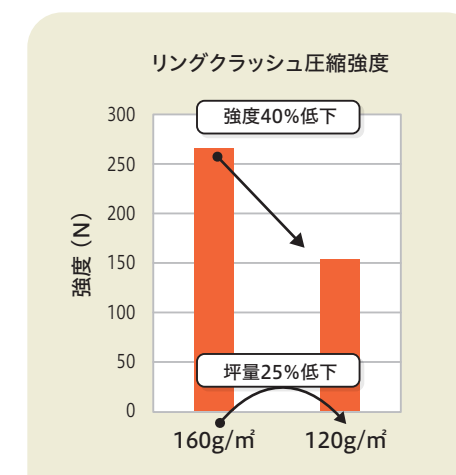


図1 薄物化の影響

## 4 製紙会社(板紙)の表面紙力増強剤の使用状況について

製紙会社(板紙)の塗工機では、溝(ロッド)の深さによって吸液量を調節できるロッドメタリングサイズプレス(図2)が一般的に使用されている。

塗布される表面紙力増強剤としては、澱粉、PAM系表面紙力増強剤、ポリビニルアルコールなどが挙げられるが、最も広く用いられているのは澱粉である。一方、従来のPAM系表面紙力増強剤はコストパフォーマンスが十分ではなく、これまでの採用は限定的であった(表1)。

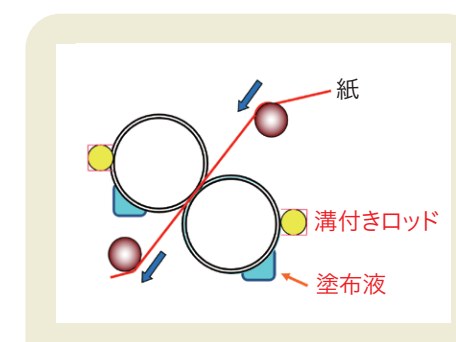


図2 ロッドメタリングサイズプレスの概略図

項目	作業性	紙力効果	塗布量	COD・BOD	価格
澱粉	粉体の仕込みが必要 糊化が必要	低い	多い	高い	安価
PAM系表面紙力増強剤	希釈のみ	高い	少ない	低い	高価

表1 澱粉とPAM系表面紙力増強剤の比較



## 5 高浸透性表面PAMとその実績について

### 5\_1 高浸透性表面PAMについて

これまでの検討で、PAM系表面紙力増強剤の性能を高めるためには、以下の3点が重要であることを見出した。

- ①PAM系表面紙力増強剤塗布液を紙のZ軸(厚み方向)へ均一に浸透させること。
- ②分子量を高めること。
- ③紙中のイオン成分と相互作用し、紙内部で疑似的に高分子量化させること。

これら3要素を取り入れた高浸透性表面PAMを開発した(表2)。



項目	従来品	高浸透性表面PAM
濃度(%)	30	20~40
粘度	高	低
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	分子サイズ 	特殊な官能基 

表2 従来品と高浸透性表面PAMの比較

### 5\_2 高浸透性表面PAMの性能について

#### ① 高浸透性表面PAMの紙力効果について

高浸透性表面PAMでは、従来品対比低粘度化と高分子量化を両立できた。ある国内板紙メーカーの中芯原紙を用いたラゴ塗布評価では、澱粉対比約1/5の固形付着量で同等の圧縮強度を付与できた(図3)ため、実機で評価すると澱粉対比、約1/6の固形付着量で圧縮強度略同等となり、澱粉と略同等のコストパフォーマンスを実現できた。

〈塗布条件〉  
 ・原紙:国内板紙メーカーの中芯原紙(坪量160g/m<sup>2</sup>)  
 ・塗布方法:バーコーター両面塗布  
 ・乾燥条件:105°C×60秒  
 ・吸液量:25g/m<sup>2</sup>  
 ・塗布液温度:50°C  
 ・塗布液濃度:澱粉=4、8、12% PAM系表面紙力増強剤=1、2、4%

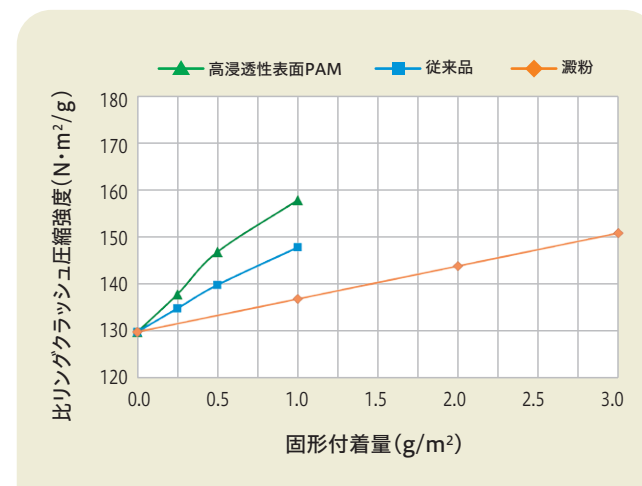


図3 高浸透性表面PAMの性能評価結果

#### ② 塗布紙の水の浸透性について

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ことがある。①でバーコーター塗布した紙の水の

浸透性を、動的浸透性テスター(DPM)を用いて評価した。DPMは、超音波の減衰率が大いほど、紙への浸透性が良好なことを意味する。結果、澱粉塗布紙対比、高浸透性表面PAM塗布紙は同じ強度で固形付着量が少ないため、水の浸透性が良好であった(図4)。

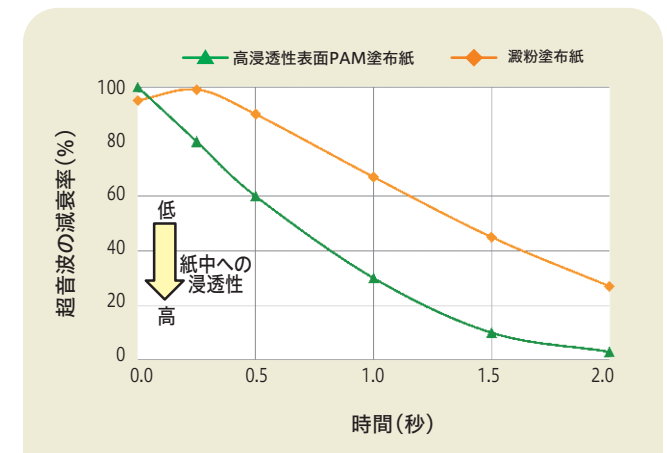


図4 塗布紙への水の浸透性

## 6 高浸透性表面PAMの使用メリットについて

### 6\_1 高浸透性表面PAMのGXへの貢献について

#### ① エネルギー使用量の削減

澱粉は、強度の伸びが小さいため、原紙の薄物化による強度不足を補う場合は大量に塗布する必要がある。これにより塗布後の乾燥負荷が増加し、エネルギー消費や製造コストの上昇というデメリットがある。一方、高浸透性表面PAMは澱粉の約1/6の固形付着量で同等の圧縮強度を付与できるため、塗布濃度を下げることができるが、塗布濃度を極力下げずに、溝の浅いロッドを使用することで塗布量(吸液量)を減らすことができる。あるユーザーでは、紙への吸液量が、澱粉対比50%以上削減できた実績があり、吸液量減に応じてドライヤーでの蒸気使用量が抑えられ、蒸気に要するエネルギーやコストを削減することができた(図5)。

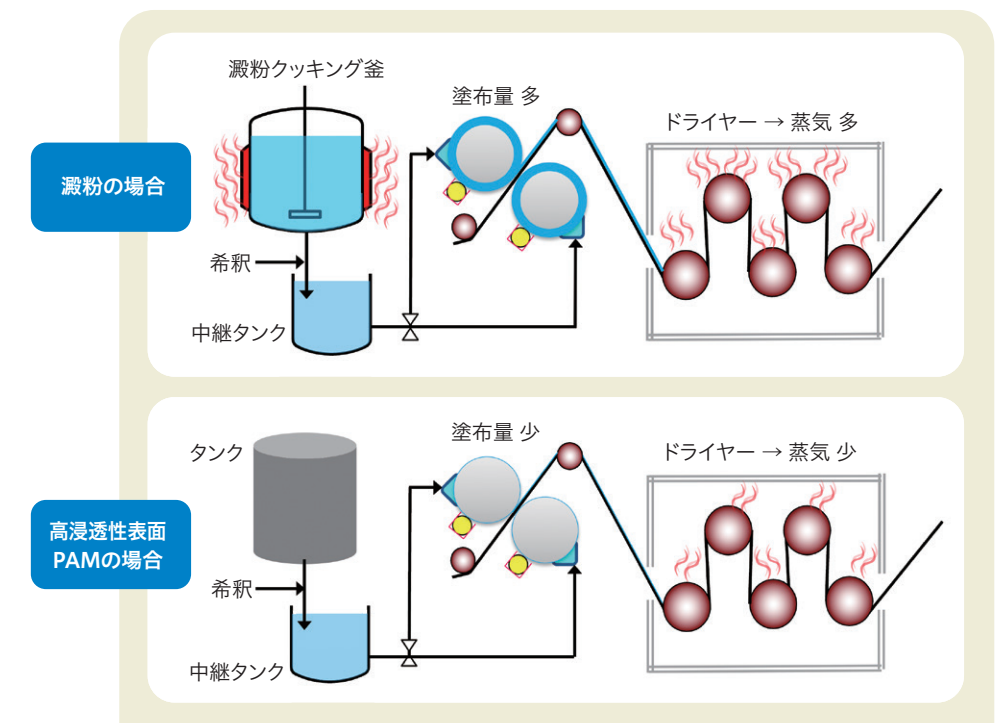


図5 澱粉と高浸透性表面PAMの蒸気エネルギー比較の概略図



また、澱粉はバッチ式や連続式のジェットクッカーにより、通常糊化して使用される。澱粉を糊化するには熱湯(または蒸気)が必要であり、エネルギーが多く消費される。一方、PAM系表面紙力増強剤は水溶液であるため、原液を希釈するだけで使用可能で、糊化のためのエネルギーが不要となる。

## ② 排水負荷の低減

図6 に、塗布残液の排水処理の概略図を示した。澱粉糊化液は腐敗しやすく、残液の廃棄が必要になることが多い。澱粉排水はBODやCODが高いため、排水処理の過程で二酸化炭素のほか、メタンや一酸化二窒素などの高い温室効果ガスが大量に発生し、環境負荷が著しく増大する。また、一般的な活性汚泥法や嫌気性処理法で処理した場合には、余剰汚泥が発生するため、余剰汚泥を脱水、焼却処理する必要があり、環境負荷がさらに高まる可能性がある。一方で、PAM系表面紙力増強剤は少量で効果を発揮するうえ、希釈液の安定性も澱粉糊化液と比べ格段に優れているため、残液の排出が不要となり、排水負荷を低減しつつ、GXに貢献できる。

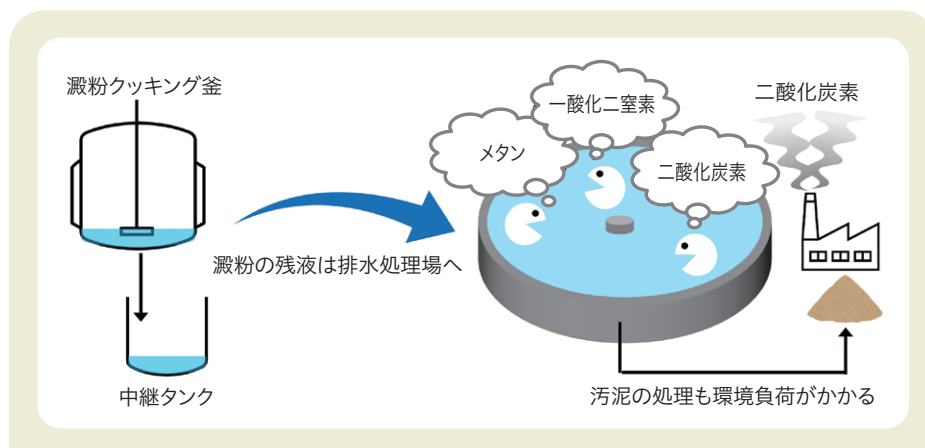


図6 塗布残液の排水処理の概略図

## 6.2 高浸透性表面PAMのその他メリットについて

ユーザーでの実績から、以下のようなメリットが得られる場合がある。

- ・製造状況に合わせたクッキングも不要となり、抄造スケジュールの柔軟性が高まる。
- ・澱粉の保管場所や管理(掃除や害虫駆除)が不要となる。
- ・サイズプレスロールの摩耗が軽減できる。
- ・ロッドの交換頻度が減少する。
- ・振動スクリーンや回転スクリーン周辺の汚れ軽減により清掃作業を低減できる。
- ・固形付着量を減らすことができ、糊が紙へ浸透しやすくなり貼合性が改善する。



## まとめ

当社では、高浸透性表面PAMを開発し、国内の複数ユーザーにて採用され、実機での実績を積んできた。澱粉から高浸透性表面PAMへの切り替えにより、塗布量の削減に伴う蒸気使用量の低減や、澱粉の糊化に伴う熱エネルギーの削減といった効果が得られ、これらはGXへの貢献につながる成果であると考えている。