環境価値と機能性を両立する製紙用薬品技術
―製紙プロセス改善を通じた環境負荷低減―

研究開発本部　水系ポリマー開発部　PS1 グループ
宮川 紫帆

Miyagawa Shiho

1 はじめに

製紙産業を取り巻く事業環境は大きく変化している。カーボンニュートラルへの対応や温暖化対策、資源循環の推進と古紙利用の拡大、脱プラスチック化、PFAS規制への対応、さらには各種環境認証への適合など、多様な環境課題への対応が求められている。一方で、エネルギー価格の高騰、労働力不足、物流問題、原材料価格の上昇といった経営環境の厳しさも増しており、環境対応を単なるコスト負担ではなく、競争力向上の機会として位置付けることが重要となっている。

このような背景のもと、GX（グリーントランスフォーメーション）の考え方が重要性を増している。製紙用薬品においても、CO_2排出量の削減にとどまらず、省資源化、省エネルギー化、さらには操業効率向上を同時に実現する技術が求められている。環境価値と機能性の両立を目指した当社の製紙用薬品技術として、高浸透性表面紙力増強剤「ポリマセット（以下、PCと表記）HP–720シリーズ」、高濃度乾燥紙力増強剤「ポリストロン（以下、PSと表記）4000シリーズ」および紙包材用途向けのフッ素フリーの高機能水系製品「AWシリーズ」を紹介する。

2 製紙用薬品の役割

製紙用薬品は、抄紙工程や塗布工程で作用し、紙品質の向上だけでなく、歩留まり改善、濾水性向上、乾燥負荷・排水負荷の低減に寄与する。

内添薬品はパルプスラリーに添加し、紙の品質向上や製造効率改善をはかる薬品である。表面薬品は乾燥後または塗布工程で紙表面に付与され、紙力、耐水性、バリア性などの機能を与える（図1、表1）。両者を適材適所に組み合わせることで、品質、生産性、環境負荷を総合的に最適化できる。

薬品名	機能	用途	当社品名
紙力増強剤	紙力向上（乾燥時）	内添	ポリストロン（PS）
		表面（塗布）	ポリマセット（PC）
		表面（スプレー）	ポリマジェット（PJ）
	紙力向上（湿潤時）	内添	アラフィックス（AF）
サイズ剤	サイズ性向上	内添	サイズパイン（SP）
		表面（塗布）	ポリマロン（PM）
その他機能薬品	耐油性付与 水蒸気バリア性付与	内添	AW
		表面（塗布）	

表1 製紙工程における主な薬品

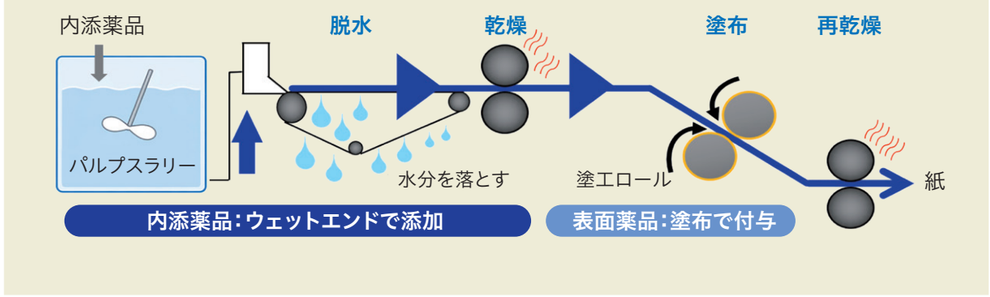


図1 紙の製造工程と製紙用薬品の使用位置

3 高浸透性表面紙力増強剤「PC–HP–720シリーズ」による板紙薄物化への貢献

板紙では、原料使用量の削減や物流効率向上を目的として薄物化（軽量化）が進んでいる。坪量低下は使用パルプ量や輸送重量の削減につながる一方、紙の強度に与える影響は非常に大きい。従来、強度低下を補う手段として内添紙力増強剤の増添や澱粉による表面処理が用いられてきた。しかし、薬品の多量添加は効果飽和や未定着成分による汚れ、泡、排水負荷増加につながる場合がある。また、澱粉表面処理では多量塗布が必要となり、乾燥負荷や設備汚れが課題となる。



3_1 「PC-HP-720シリーズ」の設計思想

PC-HP-720シリーズは、少ない固形付着量で紙内部を効率よく補強することを目的に開発した高浸透性表面紙力増強剤である。設計上のポイントは、低粘度化により塗布液を紙の厚み方向へ均一に浸透させること、また低粘度でありながら高分子量体として設計し、紙中のイオン成分と相互作用してポリイオンコンプレックス(PIC)を形成させることである。表面に厚い被膜を形成するのではなく、紙層内部まで浸透した後、疑似的に高分子量化することで、紙層全体で強度向上効果を発揮する点に特徴がある。

3_2 導入効果

国内板紙メーカーの中芯原紙を用いたラボ評価では、PC-HP-720シリーズは澱粉に対して約1/5の塗布量で同等強度を示した(図2)。また、採用事例ではサイズプレスでの吸液量を50%以上削減でき、紙中水分量の低減を通じて再乾燥工程の蒸気使用量削減に寄与した。薄物化にともなう強度低下を補いながら、塗布量、乾燥負荷、排水負荷の低減を同時に狙える点が特徴である。

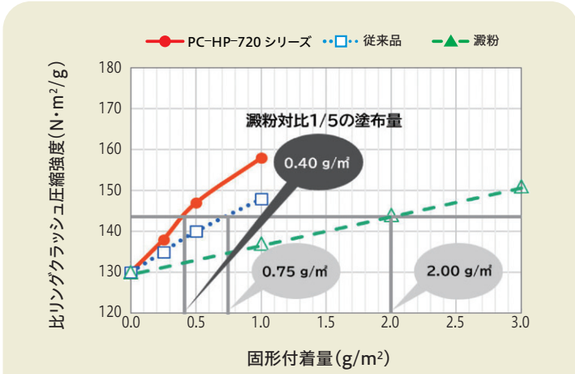


図2 高浸透性表面紙力増強剤の性能評価結果

4 高濃度乾燥紙力増強剤「PS-4000シリーズ」によるライフサイクルCO_2削減

紙力増強剤の高濃度化は、同一有効成分量あたりの輸送液量を低減できるため、輸送効率向上とCO_2排出量削減が期待できる。一方、単純な高濃度化は粘度上昇を招き、ポンプの送液や希釈などのハンドリング性が悪化する。また、粘度低減のみを狙うとポリマーサイズが小さくなり、紙力向上効果が低下する懸念がある。

当社は、独自の重合技術と機能性バイオマス素材との複合化により、高濃度でありながら従来品と同等の粘度・性能を維持するPS-4000シリーズを開発した。従来品に対し、開発品では高濃度化を達成している(表2)。PS-4000シリーズは、従来品に比べてカチオン密度が高く、パルプ繊維表面のアニオン部位との相互作用を強めることで、パルプへの吸着性を向上させる設計とした。また、機能性バイオマス素材との複合化により、ポリマー鎖間の物理的相互作用に加え、カチオン性基とアニオン性基に由来するイオン性相互作用が強化され、大きなPICを形成する(表2)。これらの相互作用により、パルプ凝集性およびパルプへの吸着性が高まり、従来品と同等以上の紙力向上効果が期待される。

サンプル	従来品	PS-4000	PS-4100
組成	両性PAM	両性PAM/機能性バイオマス素材	
不揮発分(%)	20	25	25
25℃粘度(mPa・s)	7,000	7,000	7,000
pH(1%液)	3.6	3.6	3.6
カチオン量	基準	基準同等	多
カチオン密度	基準	高	高
慣性半径(指数)	100	75	75
分子量(指数)	100	100	100
濁度極大値(NTU)	40	150	250

表2 従来品とPS-4000、PS-4100の物性比較

段ボール古紙を用いた評価では、PS-4000シリーズは従来品対比で定着率の向上が確認された。また、濾水量が向上し、引張強度や圧縮強度も維持または向上した。高濃度化により輸送回数は約20%削減可能であり、原料調達から製造、輸送までを含むライフサイクルCO_2排出量の試算では、従来品比で11.6%削減となった(表3)。

製品固形1tあたりのCO_2排出量(指数)	従来品	PS-4000
①原料・製造・廃水処理	97.4	86.3
②運搬(ローリー輸送)	2.6	2.1
合計(製品固形1トンあたり)	100.0	88.4

※ 従来品のCO_2排出量(t-CO_2eq/t)の合計を100として指数で表記
※ 工場間距離100km(往復200km)と仮定。CO_2排出量の削減率は輸送距離に応じて変動する。
※ CO_2排出原単位は、産総研 IDEA Ver.3.3 を利用

表3 従来品とPS-4000のCO_2排出原単位比較



5 AWシリーズによる紙包材への機能付与

プラスチックごみ問題を背景に、包材分野では減プラスチック化が進み、再生可能資源由来でリサイクルの可能性に優れる紙包材が注目されている。しかし、紙単独では水蒸気バリア性、ガスバリア性、耐油性、耐水性、ヒートシール性などが不足する場合が多い。また、食品包装分野ではPFAS規制強化を背景に、フッ素系耐油剤に代わる非フッ素型材料への要求が高まっている。

AWシリーズは、紙包材用途向けのフッ素フリー高機能水系製品であり、水蒸気バリア性、耐油性、耐水性、ヒートシール性など、紙包材に求められる機能を用途に応じて付与できる（表4）。

特に内添型耐油剤AW-600タイプは、紙やパルプモウルドに耐油性を付与し、紙層全体に耐油成分を分布させることで、切断面や折り部などの端面からの油浸透を抑制できる。ラミネート加工紙を用いた評価では、無添加紙では時間経過とともに油染みが広がったのに対し、AW-601を3wt%添加した紙では、1日後も油染みが抑制された（図3）。非フッ素で端面耐油性を付与できることから、食品包装分野での代替技術として有効性が期待される。

製品タイプ	主な機能	特徴
AW-500タイプ	水蒸気バリア	紙表面に疎水性バリア層を形成し、クラフト紙にも防湿性能を付与する。
AW-100タイプ	耐油・耐水・ヒートシール	少ない塗布量でヒートシール強度を発現し、紙包材単独での包装設計を可能にする。
AW-200タイプ	外添型耐油	紙表層付近に耐油成分を分布させ、耐油性と通気性の両立を図る。
AW-600タイプ	内添型耐油	紙全体に耐油成分を分布させ、端面耐油性を発現する。

表4 AWシリーズの用途別ラインナップ

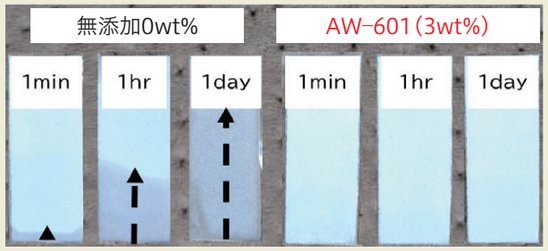


図3 AW-600タイプによる端面耐油性評価

6 終わりに

本稿では、環境価値と機能性を両立する製紙用薬品技術として、PC-HP-720シリーズ、PS-4000シリーズ、AWシリーズを紹介した。

これらの技術に共通するのは、環境対応を追加的な負担としてではなく、生産効率や資源効率の向上と一体で実現する点である。今後も、ポリマー設計、バイオマス活用、水系コーティング技術を融合し、製紙産業の持続的発展とGXの実現に貢献していきたいと考えている。