



リアクティブポリマー技術導入の歩留り剤・凝結剤 「リアライザーシリーズ」

ソマール株式会社^{*1} 技術本部 技術開発部 但 木 孝 一^{*2}

佐々木 かおり, 大石 浩之

Application of Reactive Polymer Technology to “REALIZER Series”

Koichi Tadaki^{*2}, Kaori Sasaki and Hiroyuki Oishi
SOMAR Corporation^{*1}

Abstract

In 1998, we started to study emulsion synthesis in order to introduce emulsion-type retention aids with ultra-high molecular weight to the retention aids, which was mainly powder products and aqueous solution. In 2020, a new concept, “Reactive Polymer” was developed and has been applied to various papermaking machines. “REALIZER R Series” demonstrated a high retention effect against filler material in the neutral paper making machines. In recent years, it has also been applied to large, high-speed paperboard machines overseas, and its ability to demonstrate high retention effect with low dosage has contributed greatly to reduction of cost and environmental impact.

“Reactive Polymer” has also been introduced into the “REALIZER A Series” of coagulants, adding a function to improve the fixation of various additives such as dry strength agents. Nowadays, we can reduce the amount of PAM added to paperboard machines by improving the fixation of dry strength resins, and this has contributed to reducing environmental impact and costs.

1. はじめに

弊社では、粉体品や水溶液タイプが主流であった歩留り剤に超高分子量のエマルジョンタイプのポリマーを導入するために1998年からエマルジョン合成の検討を開始した。2000年に「リアライザーRシリーズ」として上市し、今日まで改良を続けながら多くの抄紙マシンに適用してきた。2020年から新しいコンセプトである「リアクティブポリマー」を開発し、様々な抄紙マシンへの展開を進めている。「リアライザーRシリーズ」が新聞用紙マシンの中性抄紙化の際に填料に対して高い歩留り効果を発揮できたことから、その後大型塗工紙マシンへの適用が進み、現在は板紙マシンに展開している段階である。近年では、海外の大型高速板紙マシンへの適用も進み、低添加量で高い歩留り効果を発揮できるためコストダウンと環境負荷低減に大きく貢献している。更に凝結剤「リアライザーAシリーズ」にも「リアクティブポリマー」を導入し、紙力剤等の各内添薬剤の定着性を向上できる機能を付加したことにより、特に板紙マシンの紙力剤の定着性向上によるPAM系紙力剤の添加量削減の実績もでき、コスト削減と共に環境負荷低減に貢献できる様になった。

2. リアライザーシリーズの開発経緯

リアライザーシリーズの開発経緯を図1に示す。2004年から中性新聞用紙の填料歩留り向上に最適な超高分子量タイプの歩留り剤を開発し、ラボテストを繰り返しながら実機試験を開始することができた。歩留り剤ポリマーの分子量をできるだけ高めるために逆相エマルジョンを適用した。従来の歩留り剤と比較して低添加量で高い歩留り物性が得られたため多くの新聞紙マシンへの導入が進んだ。次のステップとして、従来はカチオン性歩留り剤とアニオン性歩留り剤の二液処方からなる大型高速塗工紙マシンに対して「リアライザーRシリーズ」の一液添加の適用に成功した。この結果をもとに海外の塗工紙マシンへも展開が進んだ。2015年から板紙マシンへの適用を開始し、現在ではライナー、中芯、白板、紙管原紙、石膏ボード原紙マシンと様々な抄紙マシンへ導入している。国内での実績をもとに海外大型板紙マシンへも「リアライザーRシリーズ」の展開することができた。

^{*1} 〒340-0003 埼玉県草加市稲荷 5-19-1 / 19-1, Inari5-Chome. Soka, Saitama, 340-0003. Japan

^{*2} E-mail: tadaki.koichi.z4@somar.co.jp

◆高機能歩留り剤「リアライザーR・FXシリーズ」
◆多機能凝結剤「リアライザーAシリーズ」

Reactive Polymer Technology

1998年 エマルジョンタイプ歩留り剤合成検討

2004年 新聞紙マシンからスタート
中性抄紙向け歩留り剤
「リアライザーRシリーズ」
・填料歩留り向上
・一液添加タイプ歩留り剤

2008年 大型造紙マシン
二液添加歩留り剤
造紙マシンへ展開
大型造紙マシン立ち上げ
・高速マシン用歩留り剤
・操作性改善

2015年 板紙マシン向け歩留り剤
ライナー・中芯・白板マシン
・濾水性・押水性向上(蒸気減)
・各内添薬剤削減

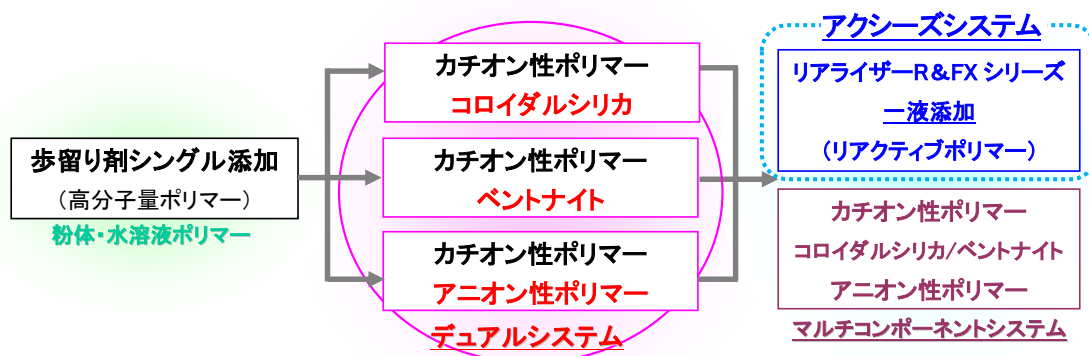
2020年～ 多機能凝結剤「リアライザーAシリーズ」展開
・欠陥・ピッチ低減
・紙力剤の定着性向上

海外大型造紙マシンへ展開
海外大型板紙マシンへ展開

SOMAR

3. 歩留り剤の変遷と特徴

また、歩留り剤は粉体、水溶液、ディスパージョン、エマルジョンタイプと様々な形態で供給されている。抄紙マシンの状態によっては、2薬剤以上を組み合わせ使用されることもあり、近年の大型抄紙マシンでは、ハイスピード、ハイシェアー下での歩留り物性を維持するために歩留り剤のデュアル添加が主流になっている。一方、海外においてはコロイダルシリカやベントナイトを用いた無機マイクロパーティクルシステムとアニオン性有機マイクロポリマーを組み合わせたタイプのマルチコンポーネント化も進んでいる(図2)。



歩留り向上システムが2薬剤、3薬剤添加と増える方向になると各薬剤の添加量の最適化が難しくなるため、近年ではより簡易的に歩留り剤の添加量を最適化できるシステムが求められている。弊社の高機能歩留り剤「リアライザーRシリーズ（カチオン性ポリマー）、FXシリーズ（アニオン性ポリマー）」は、エマルジョンタイプのポリマーであり構造面においてもリアクティブポリマーを導入しているため、歩留り剤の一滴添加でも微細繊維や填料歩留りを大きく向上させることができる特徴を持っている。同時に地合いや紙力等の紙質面でも色々と改善が可能な歩留り剤となっている。国内だけでなく、海外の大型高速マシンでの使用実績もあり、歩留り効果に加え添加量制御の簡易性についても高く評価されている。

4. 多機能凝結剤「リアライザーAシリーズ」について

一般的な凝結剤は、系内のアニオン成分（アニオントラッシュ）の電荷を中和し、微細なフロックを形成させる役割がある。歩留り剤では補足できない細かい成分を微細なフロックにすることで、これらの成分を紙に取り込むことが可能となる。これにより白水の濁度低減や歩留り向上等の効果が得られる（図3）。

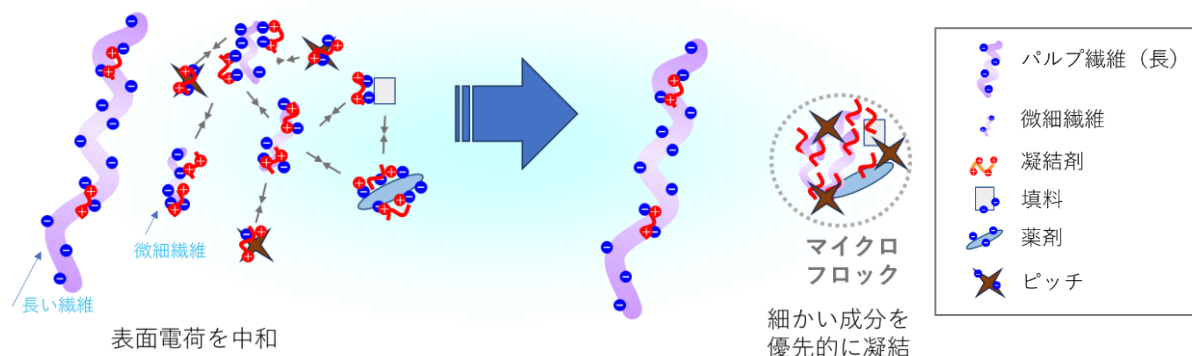


図3 凝結剤の電荷中和作用

昨今のパルプ原料、古紙の品質低下や填料高配合化の影響で、歩留り剤、紙力剤、サイズ剤等のウェットエンド薬剤の添加量が増加する傾向が見られる。弊社では、これらの内添薬剤の定着性を向上させるための凝結剤の開発を進めている。図4に現在、開発を進めている多機能凝結剤「リアライザーAシリーズ」の特徴についてまとめた。近年の抄紙マシンは、紙力剤やサイズ剤のパルプ繊維への定着性が悪化しているため、紙力やサイズ度物性が発現しにくくなっている。また未定着の薬剤成分が抄紙マシン用具汚れの要因にもなっているため、内添薬剤定着剤の機能を凝結剤に付加し、それらの課題を改善した。歩留りが低下傾向にある抄紙マシンについて歩留り剤を増添して対応する場合、地合いや紙力等の紙品質に悪影響が生じるケースがある。そこで歩留り剤や地合い向上剤としての機能を凝結剤に付加させることで歩留りと紙品質の最適化を進めている。濾水・搾水性向上剤の機能を凝結剤に付加させる技術では、ワイヤー上での濾水性の向上に加え、プレスパートでの搾水性のコントロールができるためドライヤー蒸気圧低減が可能となる。

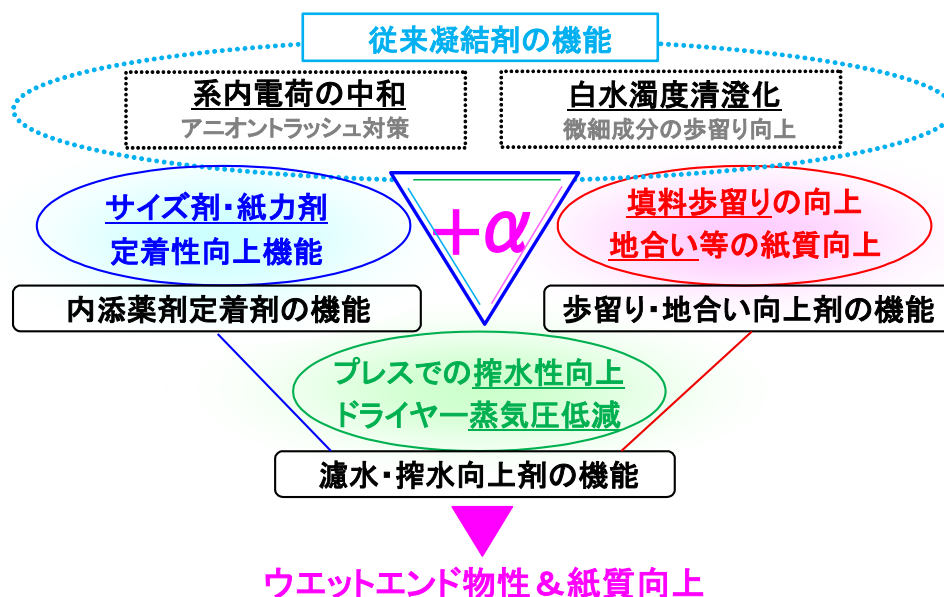


図4 多機能凝結剤「リアライザーAシリーズ」の開発コンセプト

5. 「リアクティブポリマー」導入のメリット

弊社の多機能凝結剤「リアライザーAシリーズ」と高機能歩留り剤「リアライザーR、FXシリーズ」に導入を進めている独自技術「リアクティブポリマーテクノロジー」は、図5に示す様に高分散性の特殊ポリマーであり、抄紙マシン系内に添加された後に、せん断力が加わるとポリマーの構造変化が起こりポリマーの自己定着性を高めることができる新しい技術である¹⁾。「リアクティブポリマー」を凝結剤である「リアライザーAシリーズ」に導入した場合、ピッチ成分を凝集することなくパルプ繊維へ定着させることができるため抄き込み欠陥数や抄紙マシン用具汚れの低減が可能となる。

また歩留り剤である「リアライザーR、FX シリーズ」に導入した場合、従来タイプの歩留り剤と比較して低添加量で高い歩留りが得られる様になり、填料高配合銘柄や高速マシンでも歩留りの向上が可能になる。低分子量化したポリマーを活かせるため小さいフロックを数多く形成する様になり、地合いの向上も可能である。

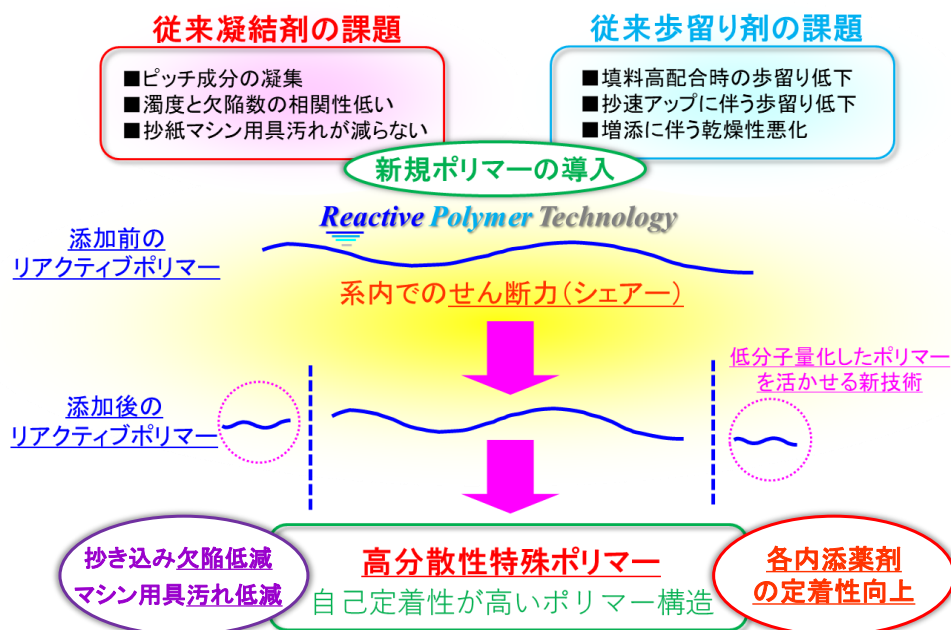


図5 リアライザーシリーズへの「リアクティブポリマー」導入

6. 「リアクティブポリマー」の高機能歩留り剤「リアライザーR・FX シリーズ」への導入

6.1 ライナーマシンにおける地合い・濾水性向上

A社 ライナーマシンでは、歩留り剤の添加量を増やすと乾燥性の悪化やドライヤー汚れが増加する傾向が顕著に見られる課題を抱えていた。この課題を解決するために「リアライザーR235」を適用した結果を紹介する。これまで、各内添薬剤の定着性を向上させるためにカチオン性歩留り剤「リアライザーR シリーズ」にリアクティブポリマーを導入してきたが「リアライザーR235」には、更に欠陥由来成分の定着性を向上させることができるタイプの特殊モノマーを導入している。「リアライザーR235」をS/C前に115ppm添加した実機試験結果を表1に示す²⁾。

従来の歩留り剤 140ppm 添加に対して「リアライザーR235」を 18%減添した結果、歩留りが向上し濾水性の指標である 150mL 濾水時間も良化し、NTU 濁度も低減できた。特殊モノマーを導入した「リアライザーR235」を適用したことにより、欠陥由来成分をパルプ繊維へ効率良く定着させ、小さいフロックを形成しやすくなるため濾水性及びNTU 濁度を改善できたと考えられる（図6）。一般的に歩留りが高くなると地合いは、低下する傾向が見られるが「リアライザーR235」を添加した系では、歩留り・地合い共に向上していることが分かる。

表1 ライナーマシンでのリアライザーR235 実機試験時の各物性（裏層）

	添加量 (ppm)	全歩留り (%)	灰分歩留り (%)	NTU濁度 (度) ^{※1}	カチオン要求量 ($\mu\text{eq/L}$) ^{※1}	150ml 濾水時間 (秒) ^{※2}	地合い指数 (-) ^{※3}
従来品添加時①	140	71.0	40.9	280	49.8	176	21.4
R235 テスト①	115	78.7	55.9	198	46.5	95	22.4
テスト②		75.4	46.5	176	31.7	125	24.0
テスト③		73.1	43.4	173	36.5	120	24.5
テスト④		73.2	45.1	170	35.2	105	23.9
従来品添加時②	140	68.8	37.1	239	37.5	173	21.7

※1 白水についての測定結果 ※2 数値が小さい方が良好 ※3 数値が大きい方が良好

一般的に歩留り物性が向上する際に、ブロックサイズが大きくなりブロック内部に水分を取り込みやすくなる傾向がある。そのためプレスでの搾水性の悪化やドライヤーの負荷が上がってしまうケースが多々見られるが、図7に示す様に「リアライザーR235」添加時は、歩留りを向上させながらドライヤー蒸気圧も低く保つことができ、地合いも向上した。

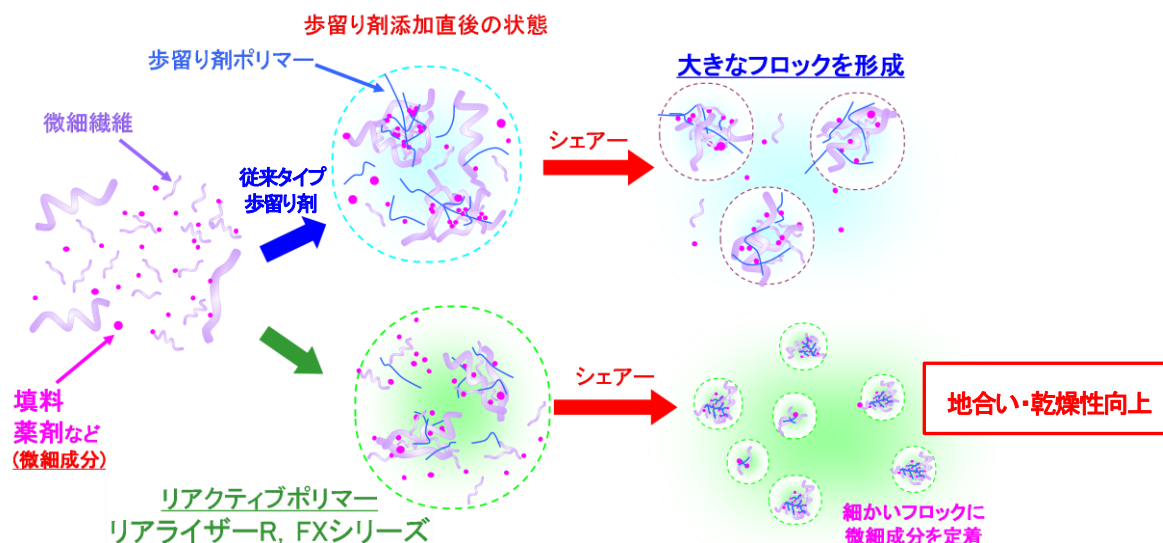


図6 リアライザーR235 添加時のブロック形成イメージ図

また、細かいフロック内にピッチ由来成分等を効率良く定着させるため課題であったドライヤー等の用具汚れが低減し、欠陥数を減らすことができた。同時に蒸気圧の低減効果も確認できたため、抄速アップ等の次のステップへ進むことが可能と考えられる。

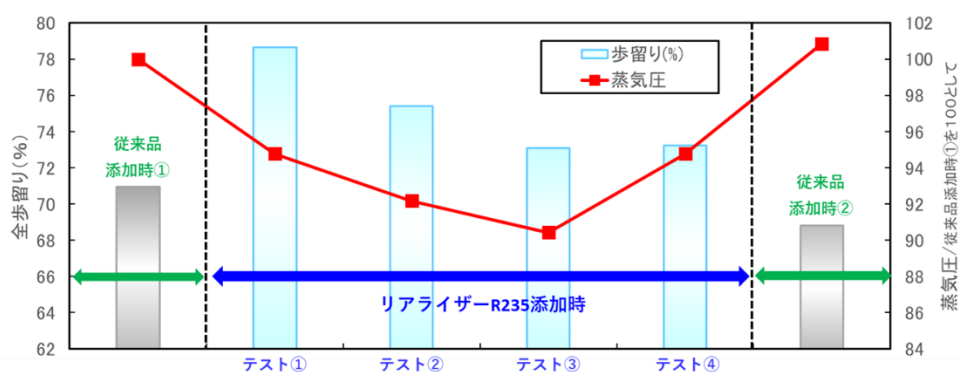


図7 リアライザーR235 添加時の歩留りとドライヤー蒸気の変化

6. 2 アニオン性歩留り剤「リアライザーFX シリーズ」による白水負荷低減

B 社 ライナーマシンでの白水負荷低減のために、アニオン性歩留り剤「リアライザーFX77」を適用した例を紹介する。従来の歩留り向上システムは、全層、スクリーン前にカチオン性ポリマー、スクリーン後にコロイダルシリカを添加するデュアル添加システムであった。表層にロジン系サイズ剤を0.4%、紙力剤として両性PAMを全層0.2%添加している4層抄きのライナーマシンで、ロジン系サイズ剤の定着性が悪く、紙面欠陥が発生していた。この紙面欠陥を分析するとロジン系サイズ剤由来の成分が検出された。アニオン性歩留り剤である「リアライザーFX77」をスクリーンの後に添加することで低添加量でサイズ度や紙力物性の向上と共に、紙面欠陥数を低減できないか検討した（図8）。

「リアライザーFX77」は、リアクティブポリマーを導入しているため、抄紙マシン系内に添加された後の分散性に優れている。そのためスクリーン後添加にも最適な薬剤であり、最低限の歩留り剤添加量で高い歩留り効果を得ることができる（図9）。こちらのライナーマシンでは、「リアライザーFX77」の適用により、ロジン系サイズ剤の定着性が向上した結果、白水のNTU濁度を大きく低減でき、ロジン系サイズ剤由来の欠陥を低減することができた。その際、白水のCOD値は「リアライザーFX77」適用前と比較して最大で36%程度低減できた。表2に「リアライザーFX77」適用時の表層に関するウェットエンド物性、地合い物性を示す。

「リアライザーFX77」適用前の白水のゼータ電位の数値を見ると-1.7mVと0に近い状態であって、抄造条件によっては、陽転することもあった。系内にカチオン性物質が多く存在する状態であったため、各内添薬剤の定着性が悪くなっていると考えられた。そこで歩留り剤の最適化を進めることを最優先で取り組んだ³⁾。

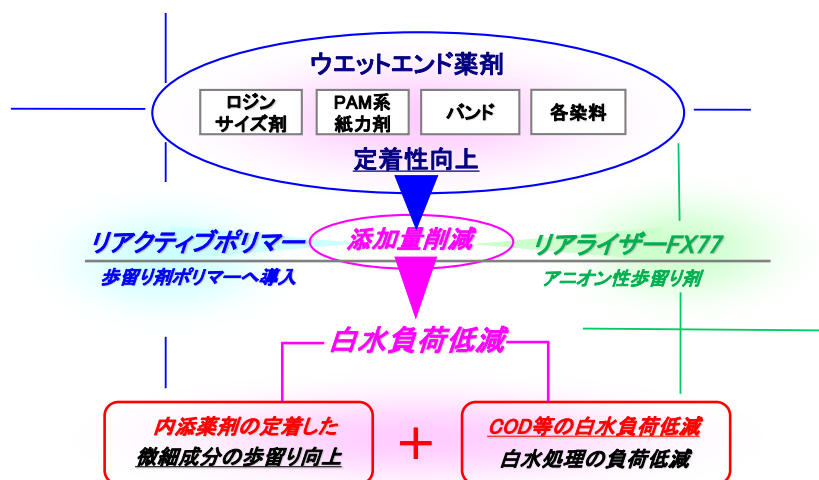


図8 リアライザーによる白水負荷の低減メカニズム

「リアライザーFX77」添加時は、歩留り物性が大きく向上しているにも関わらず、地合い物性も向上できている点も大きな特徴である。「リアクティブポリマー」を導入している「リアライザーFX77」の低分子量化したポリマー部の働きによって小さいフロックを数多く形成するため、地合い向上と共に内添薬剤や微細成分の定着性の向上が可能となっている。

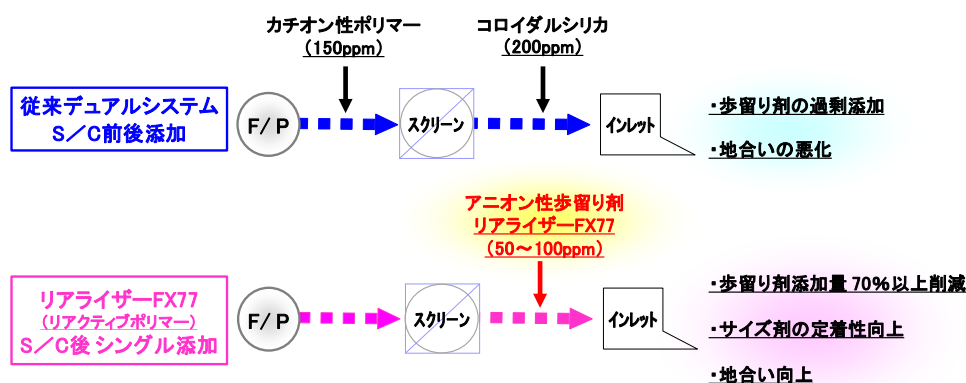


図9 リアライザーFX77適用によるメリット

表層に関して「リアライザーFX77」をスクリーン後に50ppm添加した場合、歩留り物性は、従来品デュアル添加と同等の数値であり、地合いが大きく向上したが白水CODの数値に関しては、大きく低減できていない状態であった。また紙面欠陥数にも大きな変化が見られなかった。「リアライザーFX77」の添加量を80、100ppmと増やして行くとサイズ剤の定着性が向上し、白水CODとNTU濁度の数値が大きく低減できた。その結果、紙面欠陥数を低減することができた。

表2 ライナーマシンでのアニオン性歩留り剤「リアライザーFX77」の効果（表層）

	歩留り剤 添加量(ppm)	SS (%)※	COD (ppm)※	NTU濁度 (度)※	カチオン要求量 (μeq/L)※	ゼータ電位 (mV)※	全歩留り (%)	灰分歩留り (%)	地合い 指数(ー)
カチオン性ポリマー／ コロイダルシリカ (従来品デュアル添加)	150／200 (S/C前後添加)	0.142	950	125	33.0	-1.7	65.8	23.5	25.4
リアライザーFX77 (アニオン性歩留り剤 シングル添加)	50 (S/C後添加)	0.067	890	90	32.6	-1.8	66.9	25.0	35.7
	80 (S/C後添加)	0.062	720	75	32.5	-2.0	74.8	35.5	32.4
	100 (S/C後添加)	0.059	610	62	31.8	-2.2	81.5	42.6	29.0

■地合い指数：数値が大きい方が地合い良好
※白水についての測定結果

7. 多機能凝結剤「リアライザーAシリーズ」の板紙マシンへの適用

7. 1 「リアライザーA1800」適用による抄き込み欠陥低減

C社 板紙マシンでは、抄き込み欠陥やマシン用具汚れトラブルが多発することで操業性が悪く大きな問題となっていた。図10に示す様な抄き込み欠陥を分析したところ、スチレンやアクリレート系の粘着性ピッチ成分と共に PAM 系紙力剤の成分が多く検出された。このマシンは PAM 系紙力剤の添加量が多いために、未定着の紙力剤が系内を循環し欠陥の要因となっていると推察された⁴⁾。そのため、紙力剤の定着性を向上させる必要があると考え、図11に示す様に F/P 後に添加されていた従来品のカチオン性歩留り剤は変更せずに、多機能凝結剤「リアライザーA1800」を種箱の前段階に 200～400ppm 添加する実機試験を実施した。



図10 抄き込み欠陥の状態

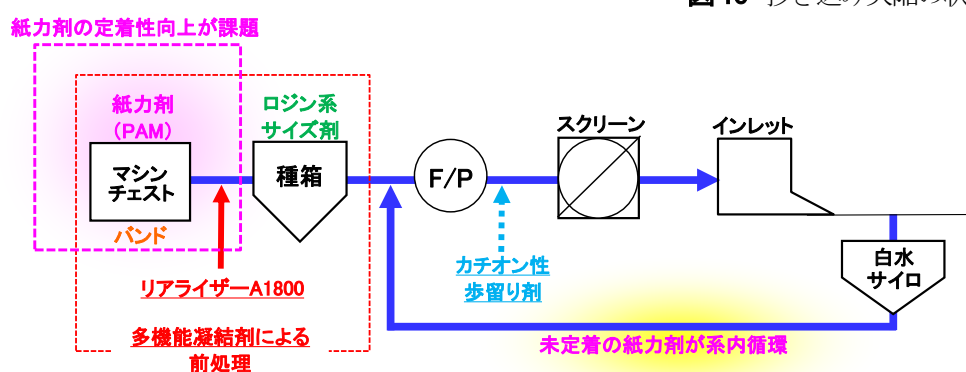


図11 板紙マシンへの多機能凝結剤「リアライザーA1800」の適用

「リアライザーA1800」を添加すると PAM 系紙力剤の定着性が向上し、紙力を維持したまま紙力剤の添加量を最大 20%削減することが可能であった(表3)。「リアライザーA1800」を 400ppm 添加した時に欠陥低減率が 73.8%と最も高くなり、NTU 濁度やカチオン要求量の値もコントロールと比較して大きく低減できていた。

「リアライザーA1800」は、従来の凝結剤と大きく異なり、凝集力を極力抑えて各内添薬剤やピッチ成分のパルプ繊維への定着性を高められる様に設計した最新の「リアクティブポリマー」である。「リアライザーA1800」の適用により内添薬剤の定着性が向上したため、紙力剤の使用量を大きく削減することができた。更に、紙力剤の添加量を最適化したことにより系内を循環していた未定着の紙力剤が減少し系内の清澄化を進めた結果、抄き込み欠陥数を最大で 73.8%と大幅に低減できた。

表3 リアライザーA1800 適用時の裏層ウェットエンド物性と抄き込み欠陥低減率

	リアライザー A1800 (ppm)	紙力剤 (PAM) (%)	全歩留り (%)	灰分歩留り (%)	NTU濁度 (度)†	カチオン要求量 (μeq/L)†	欠陥低減率 (%)
コントロール	0	0.35	63.3	35.4	155.0	79.0	—
リアライザーA1800テスト	200	0.30	65.5	37.0	90.6	43.6	55.5
	300	0.30	66.4	38.3	77.4	38.0	64.0
	400	0.28	67.6	39.9	53.6	35.1	73.8

†：NTU濁度,カチオン要求量：白水について測定結果

7. 2 「リアライザーA1800」適用による紙力剤定着性向上

D社 板紙マシン (K ライナー) では、内添薬剤の減添によるコストダウンが課題の一つであった。PAM 系紙力剤減添によるコストダウンを試みた実機試験の結果の一部を表4に示す。リアライザーA1800 添加前条件であるコントロールと添加テスト①～③を比較すると歩留り物性と濾水性が向上し、NTU 濁度及びカチオン要求量が大幅に低減されていた。また、地合指数も向上していた。リアクティブポリマーを導入している「リアライザーA1800」

を添加することで系内での細かなブロック形成が可能となり、系内に残存する内添薬剤が減少し、パルプ繊維への定着性が向上したことでウェットエンド物性及びシート物性が大きく良化したと考えられる。

25%の紙力剤減添条件下でも操業性と紙質に問題が無いことが確認され、同時に乾燥性が向上しドライヤー蒸気圧低減に繋がった。これらの結果より大幅なコストダウンの可能性を見出した。

表4 リアライザーA1800 適用時の中層ウェットエンド物性と紙力物性

	リアライザー A1800 添加量 (ppm)	紙力剤 減添率 (%)	歩留り (%)	濾水時間※1 (秒)	NTU濁度 (度)		カチオン要求量 ($\mu\text{eq/L}$)		地合指数※2 (-)	比破裂強さ ($\text{kPa}\cdot\text{m}^2/\text{g}$)
					インレット	白水	インレット	白水		
コントロール	0	-	53.8	301	225	194	76.2	71.1	25.7	3.11
テスト①	300	0	54.7	224	178	147	59.1	52.3	27.4	3.32
テスト②	300	25	56.9	209	162	136	52.7	45.9	29.1	3.19
テスト③	400	25	57.2	186	160	124	45.1	43.2	29.6	3.25

※1 時間が短い程、濾水性良好

※2 数値が大きい程、地合良好

7. 3 リアライザーA1800 適用による紙力と地合いの向上

E社3層抄きライナーマシンは、夏場になると紙力が低下傾向となり紙力剤の使用量が増加してしまうことが大きな課題となっていた。紙質面の変化として紙力剤使用量増加に伴い、地合いが悪化する傾向も見られていた。紙力剤の定着性を向上させて使用量を削減することで、地合いにも良い影響が出るものと考え、「リアライザーA1800」の実機試験を実施した(表5)。「リアライザーA1800」を全層に200ppm添加すると、比破裂強さが向上した。「リアライザーA1800」は内添薬品や微細繊維などを凝集させることなく定着させるため、地合いを改善できる傾向も確認できた。また上記ライナーマシンで「リアライザーA1800」添加時に硫酸バンドを減添する実機試験を実施した。「リアライザーA1800」は全層に200ppm添加し、硫酸バンドを20~30%減添した結果、地合いの向上と共に比破裂強さの向上が確認できた。硫酸バンドを30%減添した際は、比破裂強さが3.29から3.45 $\text{kPa}\cdot\text{m}^2/\text{g}$ と約5%向上した。

次に地合いをより向上できれば、更なる紙力向上に繋がると考えて歩留り剤を20%減添するテストを実施した結果を図12に示す。「リアライザーA1800」添加によりPAM系紙力剤の定着性が向上しているため歩留り剤を20%減添しても全歩留りの大きな低下は見られなかった。一方で地合い指数が向上し、比破裂強さが3.41 $\text{kPa}\cdot\text{m}^2/\text{g}$ まで向上した。

表5 リアライザーA1800 適用による各内添薬剤減添試験結果(中層)

	硫酸バンド 添加量(%)	紙力剤 添加量(%)	A1800 添加量(ppm)	歩留り剤 添加量(ppm)	全歩留り (%)	灰分歩留り (%)	比破裂強度 ($\text{kPa}\cdot\text{m}^2/\text{g}$)※1	地合い 指数※2
コントロール	2.0	0.9	0	150	54.2	22.4	2.96	27.2
リアライザーA1800 テスト	↑	↑	200	↑	56.4	25.8	3.29	28.1
	1.4 (▲30%)	↑	↑	↑	54.0	22.5	3.45	30.2
	2.0	↑	↑	135 (▲10%)	54.8	23.1	3.34	29.2
		↑	↑	120 (▲20%)	54.0	22.8	3.41	30.7
	1.4 (▲30%)	0.72 (▲20%)	300	135 (▲10%)	55.0	22.7	3.55	33.1

※1 破裂強度、地合いは原紙(全層)について測定

※2 数値が大きい方が地合い良好

最後に「リアライザーA1800」の添加量を300ppmまで上げて、硫酸バンド、歩留り剤の減添に加えPAM系紙力剤の減添にトライした結果を表5の最下段に示す。ここでは、硫酸バンド30%、歩留り剤10%減添に加え、PAM系紙力剤を20%減添した3薬剤減添テストを実施し、紙質の向上と共にコストダウンを検討した。「リアライザーA1800」の添加に加えて硫酸バンドや歩留り剤を減添することで紙中灰分やパルプ繊維の過凝集を抑制し、地合

いを向上させることができた。PAM 系紙剤の定着性が向上したため比破裂強度も向上し、PAM 系紙力剤の添加量を 20%減らすことができた。

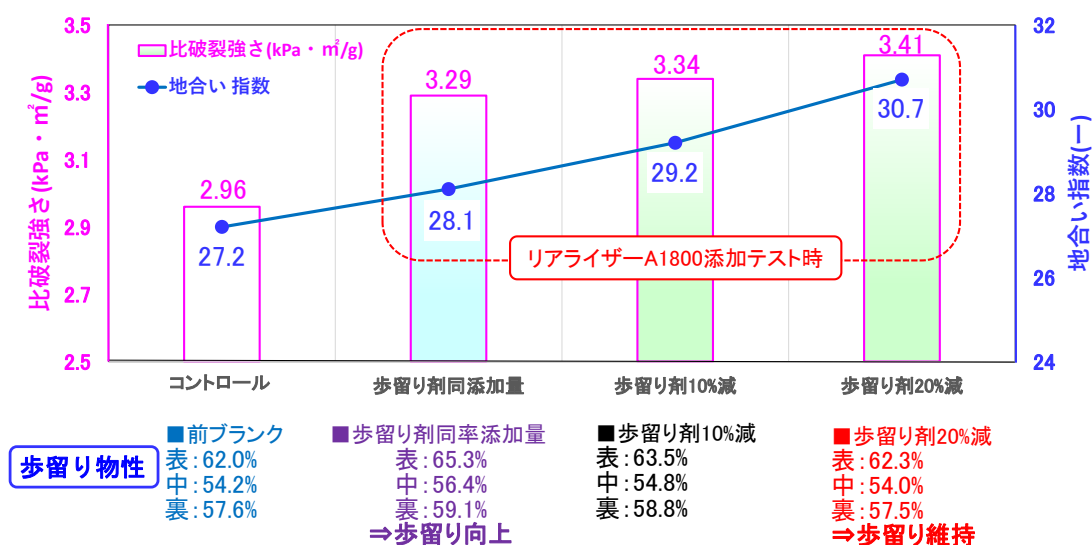


図 12 リアライザーA1800 適用による紙力と地合いの向上

8. おわりに

パルプ、古紙原料の品質低下や抄紙系内のクローズド化等によってウェットエンドの状態が悪化する中で、紙品質の向上やコストダウン、環境負荷低減等が求められている。最新の「リアクティブポリマー」を導入した歩留り剤と凝結剤によりコスト削減と環境負荷の低減に加え、紙の品質及び操業性の向上が可能となった。今後も開発、改良を進めウェットエンド技術の更なる向上のために努めて行きたい。

References

- 1) Koichi Tadaki, Yohei Miyoshi and Kaori Sugasaki: Japan Tappi J. 72(5) 507-513 (2018)
- 2) Yohei Miyoshi, Koichi Tadaki, Kazutaka Kasuga and Miho Kato : Japan Tappi J. 73, (4), 308-319 (2019)
- 3) Hiroyuki Oishi, Koichi Tadaki and Kazutaka Kasuga : Japan Tappi J 68, (2), 142-149 (2014)
- 4) Saori Takesue and Koichi Tadaki : Japan Tappi J. 77, (10), 917-923 (2023)