

# 「アクシーズシステム」による抄紙マシンの操業性向上

ソマール株式会社 技術開発部 但木 孝一

## Improvement of the Runnabilty for Paper Making by “Axisz System”

Koichi Tadaki  
Technical Dept., Somar Corporation

Neutral papermaking and high recycle fiber usage in recent years make papermaking more troublesome. Conversion of acid to neutral papermaking reduced popular use of alum. Increased recycled fiber usage promoted by global resource protection and environmental concern brings more foreign materials such as pitch and anionic trash in papermaking system. At Somar we have been working on wet-end improvement agent “Realizer A series” as functional coagulant which maximizes the effect of variety of wet-end chemicals. Latest polymer technology help us to develop another functional retention aids as “Realizer R series” and “Rexer FX series” which are effective in fine and ash retention. Synergistic effect of the combination of these chemicals to improve wet-end performance is referred as “Axisz System”.

It developed by Somar will give a solution to the problems associated with wet-end operation. The new chemical assists retention of other wet-end chemicals, thus reducing total chemical usage. It also improves drainage and fiber retention. Optimization of wet-end operation using “Axisz System” can be achieved by proper selection of cationic charge, molecular weight and molecular weight distribution. It depends on stock characteristics and other chemical usage. Maximization of the effect with “Axisz System ” is demonstrated.

### 1. はじめに

近年の抄紙マシンの高速化、中性化等の影響でウエットエンドの最適化は、大変重要になってきている。特に大きな問題として古紙に由来するピッチ成分やアニオントラッシュ（アニオン性溶存物）等による抄紙マシンの汚れトラブルの増加が顕著になっている。また填料の高配合化の影響により歩留りが大きく低下し、操業上問題が生じるケースも増えている。このように抄紙条件は、年々厳しさを増しており、ウエットエンドでの各種添加薬剤の本来の効果を発揮するのが難しくなっている。

弊社では、厳しい抄紙条件下で各種添加薬剤の効果を最大限に引き出すために高機能化した凝結剤として、「リアライザーA シリーズ」を開発してきた。更に微細繊維や灰分の歩留りに効果的な高機能歩留り剤「リアライザーR シリーズ」、「レクサーFX シリーズ」の開発にも最新のポリマー合成技術を導入して取り組んできた。これらの薬剤から構成されるウエットエンド改質システムが「アクシーズシステム」である。

### 2. 抄紙マシンの中性化

現在、抄紙マシンの中性化は新聞マシンにまで波及し様々なメリット、デメリットが生じている。酸性抄造時と大きく異なる点の一つに、硫酸バンドの凝結効果の低下が挙げられる。中性抄造時は後述する作用機構により、系内のアニオントラッシュやピッチ成分の処理が硫酸バンドでは難しい状態になっているため、抄紙マシンの汚れトラブル等が生じやすくなっている。また古紙や填料の高配合化により従来の歩留り剤では、十分な歩留り効果が得られなくなっている。その影響で紙力剤やサイズ剤等の各種内添薬剤の歩留りも低下し、ウエットエンド物性の低下を招いている。白水負荷の面でも上昇傾向があるため微生物の栄養源が豊富になり、スライムトラブルも発生しやすく、操業性、生産性、紙質の低下だけでなく、各種添加薬剤の増添によるコストアップにもなっている。これらのトラブルは、凝結剤、歩留り剤を柱とした「アクシーズシステム」を適用しウエットエンドを最適化することにより改善可能である。

## 2.1 「アクシーズシステム」の構成

弊社の「アクシーズシステム」は、抄紙マシンにおける歩留り及び汚れ対策をメインに開発を進めてきたウエットエンド改質システムである。抄紙マシン系内のコロイド状の汚れ原因物質やサイズ剤等の内添薬剤は、比表面積の大きな微細繊維や填料との衝突頻度が高いためそれらに定着しやすい。この定着性を最大限に高める働きをするのが、高機能凝結剤「リアライザーAシリーズ」である。「リアライザーAシリーズ」は、疎水性ピッチとの間に働く疎水性相互作用を最大限活かせる様に、カチオン性ポリマーの疎水基と親水基のバランスを最適化している。次のステップとして添加するのが疎水性ピッチ成分や内添薬剤の定着した微細成分の歩留りを最大限に高める働きをする高機能歩留り剤「リアライザーRシリーズ」である。「リアライザーRシリーズ」は超高分子量カチオン性ポリマーであり、低添加量で高い歩留りが得られる。特に炭酸カルシウム等の填料歩留りの向上及び高速マシン特有のハイシェア下での歩留り向上に優れており、前述した微細成分の歩留り向上には最適である。

これらの「リアライザーAシリーズ」と「リアライザーRシリーズ」、「レクサーFXシリーズ」を単独あるいは組み合わせて添加することにより、ウエットエンド物性の向上や各種内添薬剤の削減と同時に抄紙マシンの汚れトラブルを最小限に抑えることができる。

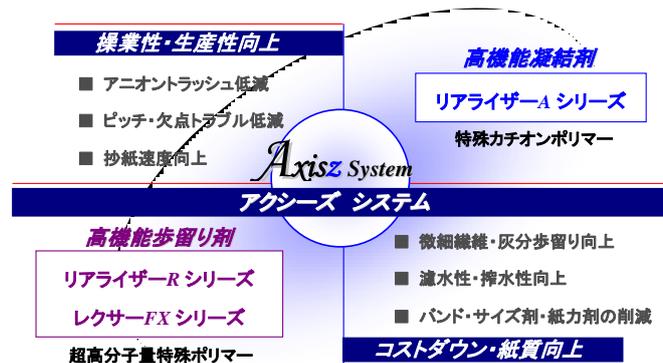


図1 アクシーズシステムの構成及び特徴

## 2.2 硫酸バンドの効果

図2はpHとアルミナ形態分布の関係を表している。pHの低い状態での硫酸バンドは、3価の陽イオンとして存在するため、凝結効果が大きい。そのため酸性抄紙条件下では、その効果を最大限に発揮できる。一方、pHが高くなるに従い、硫酸バンドのアルミニウムイオンは水酸化物の錯イオンとなり、帯電価数も減少していく。これは硫酸バンドの凝結効果が小さくなって行くことを意味しpH6以上になると硫酸バンドのほとんどが、1価の陽イオンとして振る舞うことになり凝結効果が大きく低下する。

DIPに硫酸バンドを1.0%添加した際のpHとアルミニウムイオンの紙中歩留り率の関係を図3に示した。pH5以上になるとアルミニウムイオンの紙中歩留り率は、ほぼ100%に達している。これは硫酸バンドが凝結能力を失った水酸化アルミニウムの凝集体を形成し、パルプ繊維間に物理的に吸着するためである。またpH4.5以下になると硫酸バンドの凝結能力は高まるが、その歩留りが低く紙中よりむしろ白水中に存在する確率が高くなることを示している。このように硫酸バンドの形態及び効果は、pHにより大きく左右される。また紙中に歩留らなかった硫酸バンドがスケールなどの汚れ発生要因の一つになることも考えられる。また中性抄造の大きなメリットとして填料に炭酸カルシウムを使用できる点があるが、硫酸バンドは炭酸カルシウムと反応して炭酸ガスを発生させ、多量の泡を生じさせる等の問題もある。

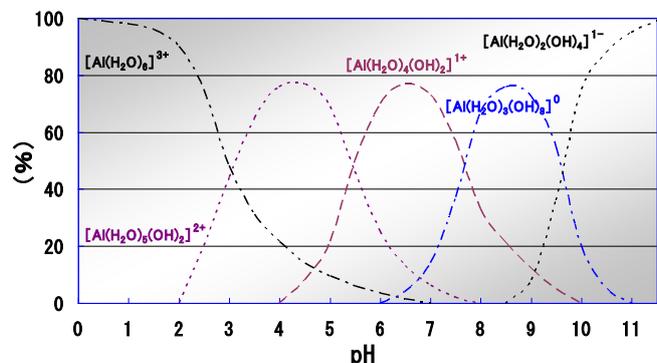


図2 pHとアルミナ形態分布の関係

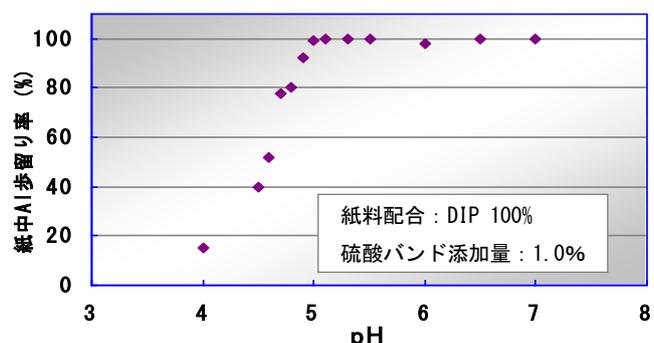


図3 pHとアルミニウムの紙中歩留り率の関係

## 2.3 抄紙マシンの汚れトラブル

抄紙マシンで汚れトラブルを引き起こす要因としては、図4に示すように生物系・有機系・無機系の3つに大別できる。何れの成分も抄紙マシンへの付着や系内を循環する過程で複合的なデポジットを形成しやすい。また近年の抄紙マシンのクロズド化による白水循環率向上はスライムトラブルを増加させ、汚れトラブルの複合化に拍車をかけている。また抄紙マシン系内の電気伝導度の上昇やアニオントラッシュ量の増加はサイズ剤、紙力剤、歩留り剤等の各種内添薬剤の効果を低下させている。そのため抄紙マシンの操業性安定化のためにそれらの添加量を上げる必要が生じてきている。この内添薬剤の増添が更なる抄紙マシンの汚れトラブルにつながり悪循環を招いている。弊社では、これらの複合型デポジットに対しの確に原因を分析し、最適な薬剤で対応できるように「キュアサイド」、「アクシーズ」、「レグシス」等のシステム化を進めている。

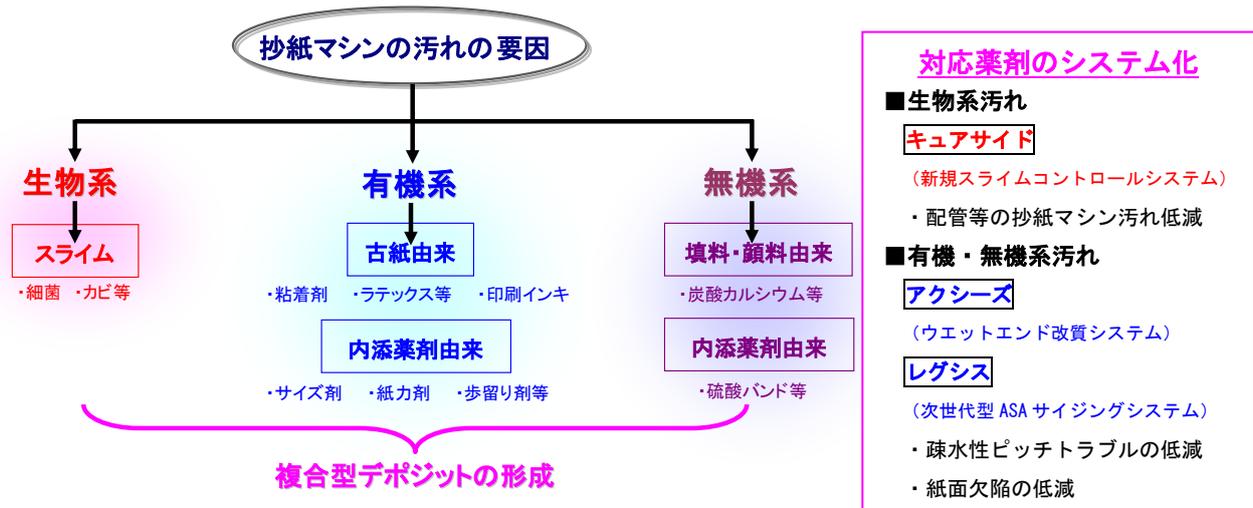


図4 抄紙マシンの汚れトラブルの複合化と対応薬剤のシステム化

## 3. 「リアライザーAシリーズ」の効果発現機構

アニオントラッシュ等の負電荷を持った物質のパルプ繊維への定着性は、低分子量、高電荷密度のカチオンポリマーを添加することにより高めることが可能である。また電荷を持たない疎水的なピッチ原因物質等は、タルクやベントナイトの様な表面が疎水的なものに吸着させ、処理する方法が古くから行われている。そこでピッチ成分のパルプ繊維への電荷的な定着と疎水性相互作用による定着の両方の面からアプローチした薬剤が「リアライザーAシリーズ」である。図5に示すように、リアライザー分子のニュートラル部分と疎水性ピッチ成分の間に働く疎水性相互作用を利用しピッチ成分をトラップし、カチオン部分でパルプ繊維に定着させるメカニズムである。「リアライザーAシリーズ」は、ピッチ成分の定着性向上に加え、各種内添薬剤のパルプ繊維への定着性の向上にも効果的でマシン汚れの原因にもなる添加薬剤の削減が可能である。

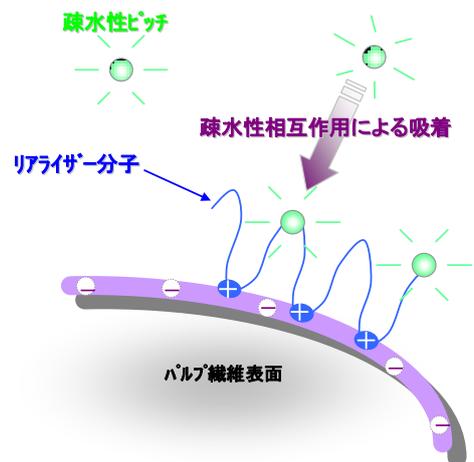


図5 疎水性ピッチのパルプ繊維への定着

## 3.1 凝結剤の最適なポリマー物性

抄紙マシン系内でカチオン性の内添薬剤は、まずアニオントラッシュ次いで微細成分、最後に長繊維に定着していく。アニオントラッシュが多い系では、長繊維に定着する薬剤量が低下するため薬剤歩留りが低下し、十分な効果を発揮できなくなる。このような場合、凝結剤の添加で抄紙マシン系内のアニオントラッシュを中和するのが効果的である。ここでアニオントラッシュの電荷的な中和のため

に凝結剤のカチオン電荷密度は高い方が有効的と考えられやすいが、凝結効果を最大限に発揮するためには、凝結剤ポリマーの分子量・分子量分布の最適な範囲があり、ポリマーと処理対象の反応性の高さが重要なポイントになる。分子量を高く設定した場合、主にパルプ繊維の表面にポリマーが吸着するため、パルプ表面電荷の中和剤として働くと同時に凝集効果が大きくなる。一方分子量を低く設定した場合、パルプ繊維間内部にまで、ポリマーが浸透するため内部電荷の中和剤として働きやすくなり、凝結効果が発揮しやすくなる。これらのパルプ表面電荷と繊維間内部電荷の中和をバランス良く行うために「リアライザーAシリーズ」の分子量及び分子量分布を最適な状態にコントロールしている。図6に「リアライザーAシリーズ」の分子量とパルプ繊維への吸着状態の関係を示した。これは、ポリマーの分子量分布とも大きな関連性があり分子量分布を最適化することにより図6の低分子量～高分子量のポリマーの持つ効果をバランス良く付与することができる。

表1にカチオン電荷密度を一定とし分子量の異なるタイプの凝結剤ポリマーを200ppm添加した際のウェットエンド物性を示した。高分子量タイプの凝結剤を添加した際は、ゼータ電位の低減率が大きくカチオン要求量は下がりにくい傾向が見られる。一方で低分子量タイプの凝結剤を添加した際はカチオン要求量の低減率が高くなっていることが分かる。

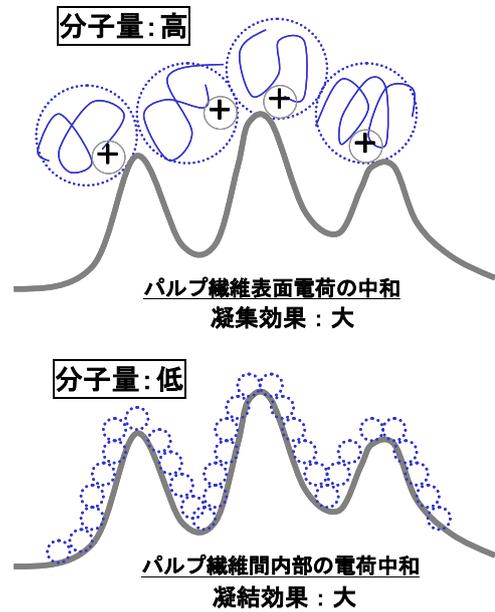


図6 凝結剤分子量と吸着状態の関係

表1 凝結剤の分子量とウェットエンド物性の関係

凝結剤 (カチオンポリマー)の分子量	無添加	低分子量 ポリマー	中分子量 ポリマー	高分子量 ポリマー
カチオン要求量 ( $\mu\text{eq/L}$ )	25.5	9.5	12.3	15.8
ゼータ電位 (mV)	-14.3	-10.6	-7.5	-5.4
NTU濁度 (度)	86.5	70.4	56.4	45.5

・紙料：DIP  
 ・凝結剤電荷密度：中カチオン  
 ・凝結剤添加量：200ppm

### 3.2 高機能凝結剤「リアライザーAシリーズ」による紙面欠陥対策

A社、中性中質塗工原紙マシンで多発していた紙面欠陥の低減を目的に高機能凝結剤「リアライザーA1300」の実機テストを行った例を紹介する。問題となっていた紙面欠陥について詳細な分析をした結果、紙面欠陥部分からはラテックスやカルシウムが多く検出された。またドライヤー付着物からも同様の物質が検出されたため、これらの付着物の低減を試みた。「リアライザーA1300」を導入する以前は、図7に示すように他社の高カチオンタイプ凝結剤をコートブロークに250ppm、ミキシングチェストに200ppm添加していた。ウェットエンドの工程調査の結果、種箱での疎水性ピッチ量が多かったため二点添加されている凝結剤によるピッチ処理が不十分であると判断した。そこで弊社の高機能凝結剤「リアライザーA1300」を硫酸バンド添加後の種箱に添加して、効率良くピッチ処理を行った結果、紙面欠陥を低減させることができた。表2の疎水性ピッチ成分の定量に

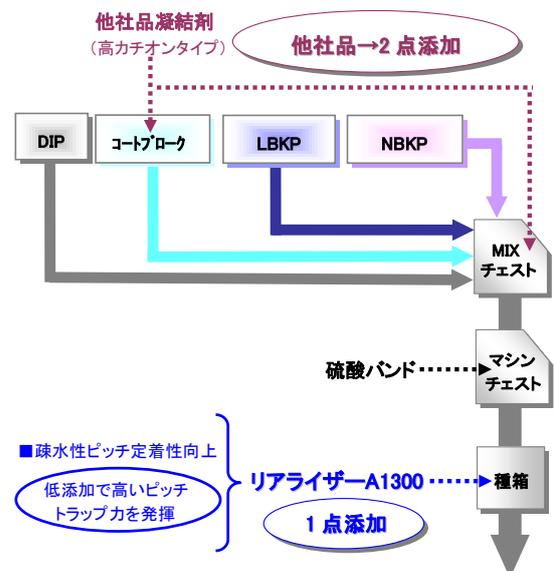


図7 高機能凝結剤「リアライザーA1300」添加フロー

は、弊社独自の方法である「ポリエチレンスティック法」を導入している。また各低減率はインレット紙料の値について比較した結果である。表2の結果より種箱に「リアライザーA1300」を200ppm添加することにより凝結剤無添加時と比較して系内の疎水性ピッチの量が最大45.3%低減した。またスチレン、カルシウム等が原因であった紙面欠陥も最大38.6%低減できた。同時にドライヤーへのピッチ付着量も大きく低減できた。

表 2 A 社中性中質塗工原紙マシンでのリアライザーA1300の添加効果

	紙面欠陥 低減率(%)	疎水性ピッチ 低減率(%)	NTU 濁度 低減率(%)	カチオン要求量 低減率(%)	全歩留り (%)	灰分歩留り (%)
コントロール(他社品) 2点添加:250/250ppm	16.0	13.6	66.7	70.5	62.33	26.21
リアライザーA1300 添加1日後(200ppm)	22.3	19.6	67.9	52.3	62.54	26.96
添加2日後(200ppm)	30.5	36.7	68.9	61.5	63.17	28.32
添加3日後(200ppm)	38.5	44.8	71.1	63.7	63.50	28.99
添加7日後(200ppm)	38.6	45.3	70.5	62.0	63.46	28.65

※低減率:凝結剤無添加時との比較

また「リアライザーA1300」添加時のカチオン要求量の低減率が60%以上であれば、疎水性ピッチの処理が良好であることが分かる。更に最適な添加場所に「リアライザーA1300」を添加することにより硫酸バンド等の効果を最大限に発揮できるため灰分歩留りの向上も見られた。「リアライザーA1300」は、疎水性相互作用により疎水性ピッチをトラップして、微細繊維への定着性を大幅に高められるようにポリマーの疎水基と親水基のバランスを最適化している。凝結剤のトータル添加量も削減でき、コスト面でも「リアライザーA1300」が有効であることが分かった。

#### 4. 高機能歩留り剤「リアライザーRシリーズ」の特徴

「リアライザーRシリーズ」は、微細繊維や灰分濃度の高い系で有効的に働く高機能な歩留り剤である。そのポリマー合成には、最新のエマルジョン合成手法を導入しているため、高濃度で且つ長期安定性に優れている。また酸性、中性抄造何れの条件においても、低添加量で高歩留りが得られるためコスト及び環境負荷低減が可能である。また、シェアーに強い特殊なポリマー構造を持たせてあるため、ハイスピードマシンの高シェアー下でも高い歩留り効果を発揮できる。特に填料の歩留り向上は、これまでの歩留り向上剤と比較して顕著なものである。

古くから使用されている歩留り剤デュアルシステムとしては、カチオン性ポリマーとベントナイトやコロイダルシリカ等の無機物との組み合わせからなる「マイクロパーティクルシステム」が挙げられる。しかしながらハンドリングや効果等の面で様々な課題があった。近年では、無機物を特殊アニオン性ポリマーで置き換えたデュアルポリマーシステムも一般的になってきているが、「リアライザーRシリーズ」はこれらのデュアルシステムをシングル添加で置き換え可能な高機能な歩留り剤である。

##### 4.1 「リアライザーRシリーズ」シングル添加の効果

B社、中性上質塗工原紙マシンの灰分歩留りの向上を目的に「リアライザーR300」を導入した例を紹介する。「リアライザーR300」導入前の歩留り剤は、カチオン性ポリマーとアニオン性ポリマーからなるデュアルシステムであった。また、このシステムを導入する以前はカチオン性ポリマーとコロイダルシリカからなるマイクロパーティクルシステムを使用していた経緯がある。「リアライザーR300」を2次ファンポンプの出口に150ppm添加した結果、地合いを低下させることなく、灰分歩留りを10ポイント以上向上させることができた。またカルシウムが主な原因であった紙面欠陥も低減傾向が見られた。これまでフロックの再凝集のためにスクリーン出口に添加されていたアニオン性ポリマーは、填料への凝集効果も強いいため炭酸カルシウム等の填料に起因するデポジットを発生させやすいと考えられる。

図8に示す様に「リアライザーR300」導入前はスクリーン入口に他社品カチオン性歩留り剤を100ppm、スクリーン出口にアニオン性歩留り剤を100ppm添加していた。

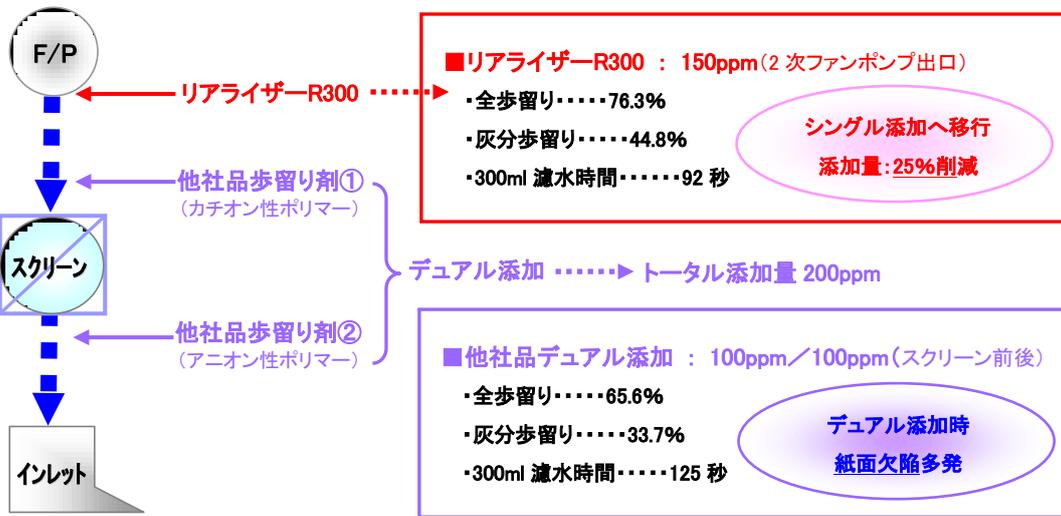


図8 高性能歩留り剤「リアライザーR300」シングル添加の効果

スクリーン出口にアニオン性歩留り剤を添加せずに「リアライザーR300」を2次ファンポンプ出口に150ppm添加した結果、歩留りを大きく向上させることができた。同時に濾水・搾水性が良くなり乾燥性が向上した。「リアライザーR300」の導入により、歩留り剤のトータル添加量を200ppmから150ppmへと25%削減できたことは、抄紙マシンの汚れトラブル低減の重要なポイントである。この際、地合い指数の測定値には大きな変化は見られなかった。これは図9に示す様に「リアライザーR300」添加時のフロック形成メカニズムに特徴があるためである。

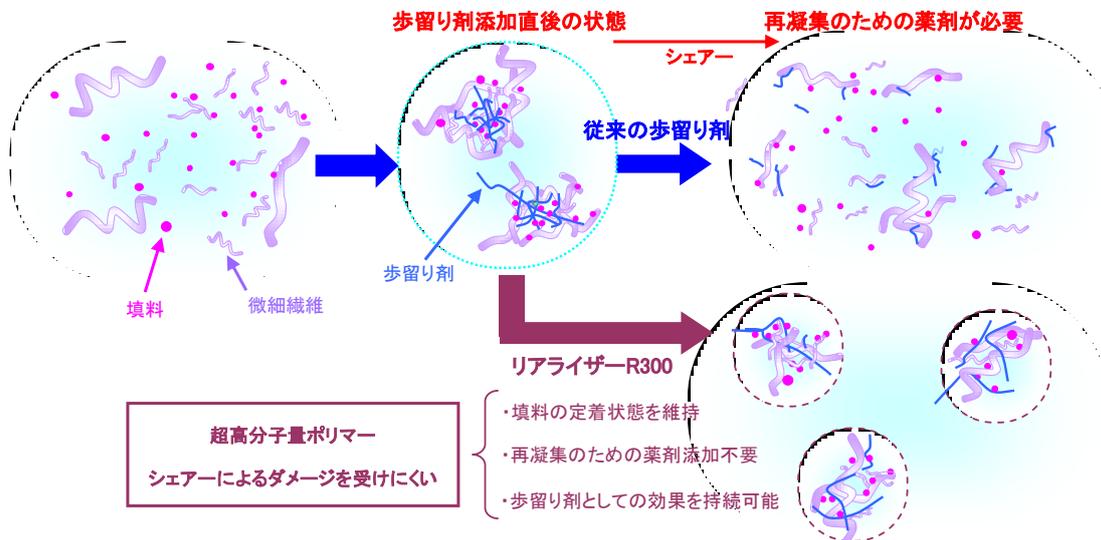


図9 「リアライザーR300」シングル添加によるフロック形成メカニズム

歩留り剤添加直後に形成されるフロックは、抄紙マシン系内でのシエアーにより徐々に崩壊していく。その際、従来のポリマー系歩留り剤は、大きなダメージを受けやすいため歩留り効果が大きく低下する。そのため再凝集のためにコロイダルシリカやアニオン性ポリマー等の薬剤を更に添加する必要があった。一方「リアライザーR300」添加時は、填料や微細繊維の定着性が向上し、更に「リアライザーR300」の超高分子量ポリマーが抄紙マシン系内でのシエアーによるダメージを受けにくいため、

歩留り効果の低下を最小限に抑え、マイルドな凝集効果を持続できる。その結果、地合いを低下させずに低添加量で高い歩留り効果が得られる。

#### 4.2 「リアライザーRシリーズ」のライナーマシンへの適用

古紙配合率増加に伴い歩留り及び抄速の低下が問題になっていたC社ライナーマシンへの「アクシーズシステム」を適用した例を紹介する。各層の紙料を用いたラボテストの結果、高機能カチオン性歩留り剤「リアライザーR100」と高機能アニオン性歩留り剤「レクサーFX40」のデュアルポリマー添加からなる「アクシーズシステム」が最適であった。このシステムは、ベントナイトやコロイダルシリカ等の無機物を添加する「マイクロパーティクルシステム」と比較して、低添加量で高歩留りが得られ、且つ抄速向上が可能なデュアルシステムである。また特殊なポリマー合成技術で製品濃度を高濃度化しているため、長期安定性及び溶解性に優れている。

表3に示す様に多層抄きの板紙マシンでは、各層において系内の電荷、ピッチ成分の状態が大きく異なるため最適な歩留り向上剤を選定するのは大変難しい。このような場合、弊社の高機能歩留り剤「リアライザーRシリーズ」と「レクサーFXシリーズ」を組み合わせることによりこれらの課題を解決可能である。

表4にアクシーズシステム実機テスト時のウエットエンド物性を示した。リアライザーR100を50~100ppm、レクサーFX40を50~100ppm添加し、各層の歩留りを表層で26.9ポイント、中層で18.1ポイント、裏層で19.2ポイント向上させることができた(図10)。各層の歩留りをバランス良く向上させることにより、白水負荷が大きく低減し、紙上欠点数も低下した。同時に濾水・搾水性も向上し、抄速向上と蒸気使用量の低減に至った。

表3 C社ライナーマシン各層のウエットエンド状態(アクシーズシステム適用前)

	pH	NTU 濁度 (度)	カチオン要求量 ( $\mu$ eq/L)	全歩留り (%)	主なピッチ成分 (Py/GC-MS)
表層	5.91	28.5	1.8	62.03	酢酸ビニル、スチレン
中層	5.82	59.2	25.3	65.32	酢酸ビニル、アクリレート系物質
裏層	5.97	50.4	19.5	70.05	スチレン、メチルスチレン

表4 アクシーズシステム適用後のウエットエンド状態

	リアライザー R100(ppm)	レクサー FX40(ppm)	NTU 濁度 (度)	カチオン要求量 ( $\mu$ eq/L)	全歩留り (%)	疎水性ピッチ低減率 (%)
表層	50	100	13.7	1.3	88.92	37.8
中層	100	50	20.6	5.7	83.42	46.3
裏層	75	75	16.6	7.2	89.25	35.6

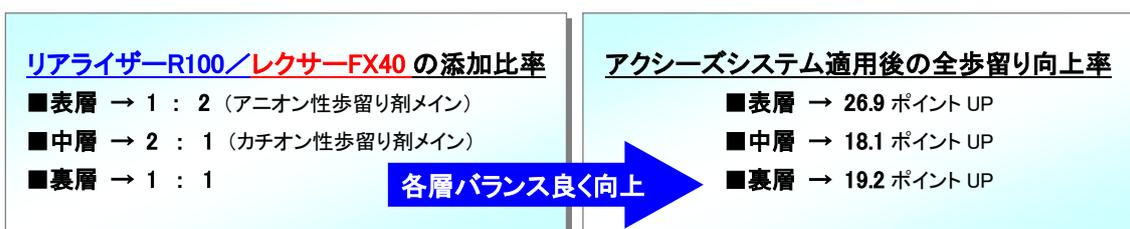


図10 アクシーズシステムによるライナーマシン歩留り向上

## 5. アクシーズシステム「デュアルカチオンポリマー」の特徴

アクシーズシステムの「リアライザーAシリーズ」と「リアライザーRシリーズ」から成る「デュアルカチオンポリマー」によるピッチ成分の抄き込みメカニズムを図11に示した。「リアライザーAシリーズ」は、そのポリマー分子の持つ疎水基部分に疎水性相互作用によりピッチ成分を定着させ、カチオン基部分でパルプ繊維に定着させる。「リアライザーAシリーズ」は高濃度原料段階で添加することで主に微細繊維や填料と選択的に反応し、ピッチ成分を定着させる効果が高い。次にファンポンプ以降に添加する「リアライザーRシリーズ」は、ピッチ成分の定着した繊維成分を凝集させ、空隙及び結合水の少ない引き締まったフロックを形成する。このようにピッチ成分を効率よく抄き込み歩留り、濾水性等のウエットエンド物性を向上させることができる点がアクシーズシステムのデュアルカチオンポリマーの特徴である。

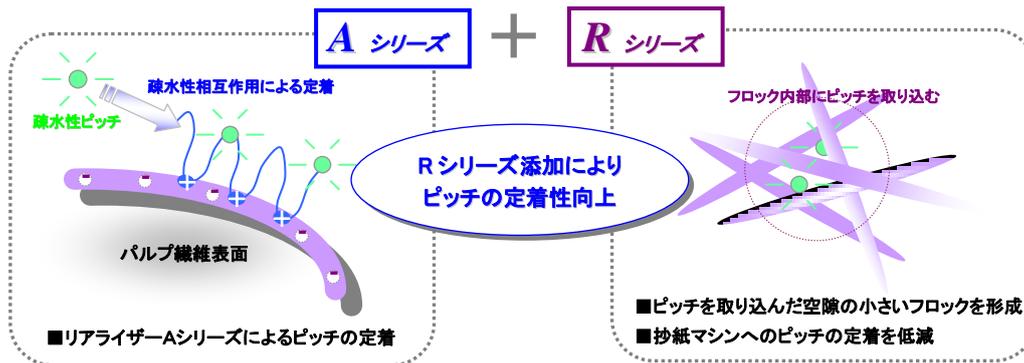


図 11 アクシーズシステム「デュアルカチオンポリマー」によるピッチ成分の抄き込みメカニズム

## 6. まとめ

高機能凝結剤「リアライザーAシリーズ」を最適な添加場所に最適量添加することにより、抄紙マシンの汚れトラブル及び紙面欠陥を低減させることができる。また、従来の歩留り剤デュアルシステムに高機能歩留り剤「リアライザーRシリーズ」を適用することによりシングル添加に置き換えることが可能になる。これらの薬剤を組み合わせた「アクシーズシステム」の適用により、更なるウエットエンド物性の向上及び各種添加薬剤の削減が可能となる。弊社では、今後も様々な要望に応えるべく、新規薬剤及び新規システムの開発に取り組んでいきたいと考えている。

## 参考文献

- 1) 但木孝一、常川謙二、新井修一 紙パルプ技協誌 56, (8), 58 (2002)
- 2) 但木孝一、朝田知子、常川謙二 紙パルプ技協誌 57, (9), 1 (2003)
- 3) 但木孝一、朝田知子、加藤美穂 紙パルプ技協誌 60, (8), 38 (2006)
- 4) 常川謙二、春日一孝、但木孝一 紙パルプ技協誌 61, (2), 43 (2007)
- 5) 但木孝一、朝田知子、春日一孝 平成 19 年度紙パルプ年次大会講演要旨集、A17(2007)
- 6) 小野裕司、宮西孝則 紙パルプ技協誌 54, (6), 70 (2000)
- 7) 宮西孝則、茂木茂 紙パルプ技協誌 55, (11), 1 (2001)
- 8) C.Gao, D.Yan : *Polym. Sci.*, 29, 183 (2004)
- 9) T.Nishikubo, H.Kudo, K.Maruyama : *Polym. J.*, 38, 447 (2006)
- 10) 上条康幸、宮西孝則 紙パルプ技協誌 56, (6), 110 (2002)
- 11) 田中浩雄 紙パルプ技協誌 52, (12), 1657 (1998)