

ウェットエンドの最適化による抄紙マシンの汚れ対策

ソマール株式会社 技術開発部 ○但木 孝一、朝田 知子、川上 秀明、春日 一孝、黒瀬 茂

Clean Paper Machine Operation by Proper Wet-end Chemistry

Koichi Tadaki, Tomoko Asada, Hideaki Kawakami, Kazutaka Kasuga, and Shigeru Kurose

Technical Dept., Somar Corporation

Cleanness of paper machine operation has been transformed drastically due to deterioration of raw material quality and conversion to neutral condition. Main source of stain on the machine comes from un-wanted foreign materials contained in de-inked pulp, as its usage has tendency to increase. To maintain or even to improve machine runability and production, it is important to deal with materials causing unclean operation.

In the past we have tried to identify un-wanted foreign materials in paper machine through chemical and biological analyses, and, at the same time, made a selection of proper chemicals to deal with these materials. Continued development of high-performance coagulant “REALIZER A Series” showed its effectiveness to hydrophobic pitch in recycled pulp. Retention aids effective on microscopic particles such as pulp fines and filler were developed as “REALIZER R Series” and “REXER FX Series”. Combination of these chemicals called “AXISZ SYSTEM” reforms wet-end operation much cleaner environment, which has been recognized by a large number of paper machines. New generation of ASA sizing agent “REGSIS” which was put in the market last year requires less chemicals and thus contributes optimization of wet-end operation. In addition “CURECIDE SYSTEM” which controls micro biological problems, further reduces deposits in a paper machine. Both chemical and biological means of controls improve drastically paper machine as clean operation.

1. はじめに

近年の抄紙マシン汚れの原因は、原料事情の悪化や中性抄紙化等の影響で大きく変化してきている。中でも DIP 等の古紙の高配合化による抄紙マシン系内への多量の夾雑物の混入は、汚れトラブルの大きな要因になっている。そして抄紙マシンの操業性・生産性向上のためには、この汚れ対策が重要なポイントになっている。

これまで弊社では、抄紙マシンの汚れについて化学的、微生物的な分析手法を用い原因物質を特定し、同時に対応薬剤の選定を迅速に行なってきた。古紙由来の疎水性ピッチに対して有効な高機能凝結剤として開発を続けている「リアライザーA シリーズ」と繊維及び填料等の微細成分の歩留り向上に有効な高機能歩留り剤「リアライザーR シリーズ」、「レクサーFX シリーズ」の組み合わせからなるウェットエンド改質システム「アクシーズシステム」

は多くのマシンで使用され効果を発揮している。また昨年発表した次世代型 ASA サイジングシステム「レグシス」によるサイズ剤定着性の向上は、ウエットエンドの最適化と同時に抄紙マシンの汚れ対策の面で大変重要な役割を果たす。更に上記システムに新規微生物コントロールシステム「キュアサイドシステム」を組み合わせることにより化学的・微生物的両面から抄紙マシンの汚れ対策を大きく改善できる。

以下に「アクシーズ」、「レグシス」、「キュアサイド」によるウエットエンドの最適化及び抄紙マシンの汚れ対策について紹介する。

2. 抄紙マシンの汚れトラブルとウエットエンドの最適化

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1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ーズ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操業性の安定化のためにそれらの添加量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っている。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システム化を進めている。

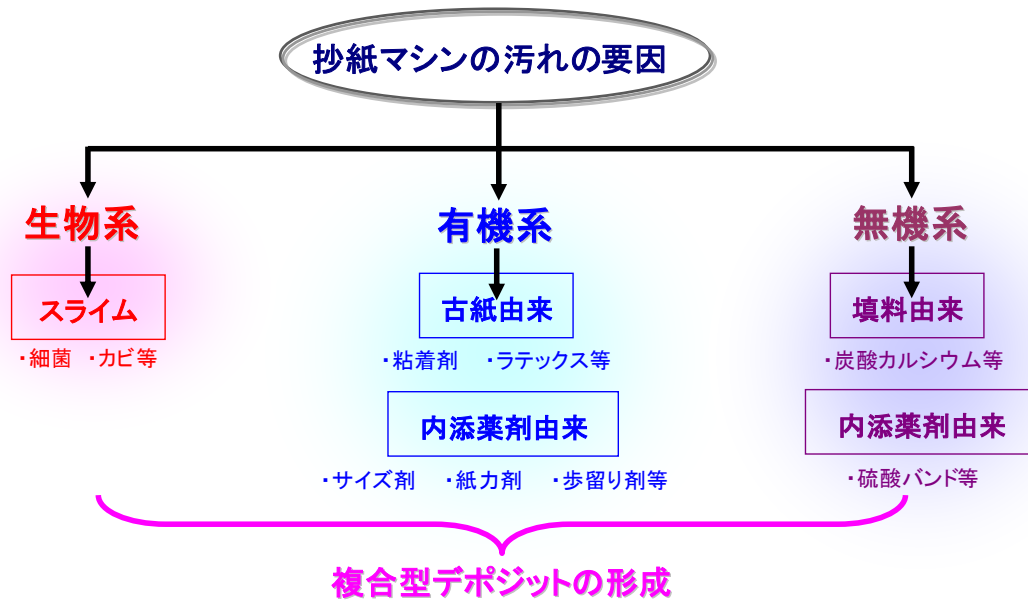


図1 抄紙マシンの汚れトラブルの複合化

2.1 ウエットエンドのトータルソリューションプログラム

古紙配合率増加に伴い酢酸ビニルやアクリレート系粘着物質、ラテックス由来のスチレン系物質等による有機系のデポジットがワイヤー、フェルト、ドライヤー等に付着することによる用具汚れが増加している。これらの用具に付着したデポジットは、濾水性・搾水性低下等の操業性の悪化や紙面欠陥の増加等の品質低下にもつながるため付着を防止する必要がある。

ある。また中性抄紙化に伴い炭酸カルシウムの高配合化が進み、填料歩留りの低下も深刻な問題になっている。同時にカルシウム由来の無機化合物によるスケルトラブルも増加している。この填料由来のデポジットは、前述した有機系デポジットやスライムとの複合型デポジットを形成し、紙面欠陥トラブルを引き起こしやすいのが特徴である。

弊社の提案する「ウエットエンドトータルソリューションプログラム」を図2に示す。繊維及び填料等の微細成分の歩留り向上に有効な高機能歩留り剤「リアライザーR シリーズ」と古紙由来の疎水性ピッチに対して有効な高機能凝結剤「リアライザーA シリーズ」からなる「アクシーズシステム」を軸にした抄紙マシンの汚れ低減をメインに開発を進めているトータルソリューションプログラムである。

次世代型 ASA サイジングシステムとして上市した「レグシス」は、ASA サイズ剤の定着性を上げるために開発した高機能乳化剤ポリマーにより、最小の添加量で最大のサイズ効果を発揮できる。また専用の乳化・添加ユニットを使用することにより ASA サイズ剤エマルションの粒度分布を最適化し、抄紙マシンの汚れを抑えることができる。

最新の微生物コントロールシステム「キュアサイド」は、次亜塩素酸ソーダ溶液と混合添加することにより、強力な殺菌効果と優れた抑制効果を生み出し細菌・カビなどの幅広い微生物に対して低添加量で効果を発揮する。弊社では、これらの薬剤の組み合わせにより、有機・無機・生物的要素を含む複合型デポジットをトータル的に改善するためのシステム化を図っている。

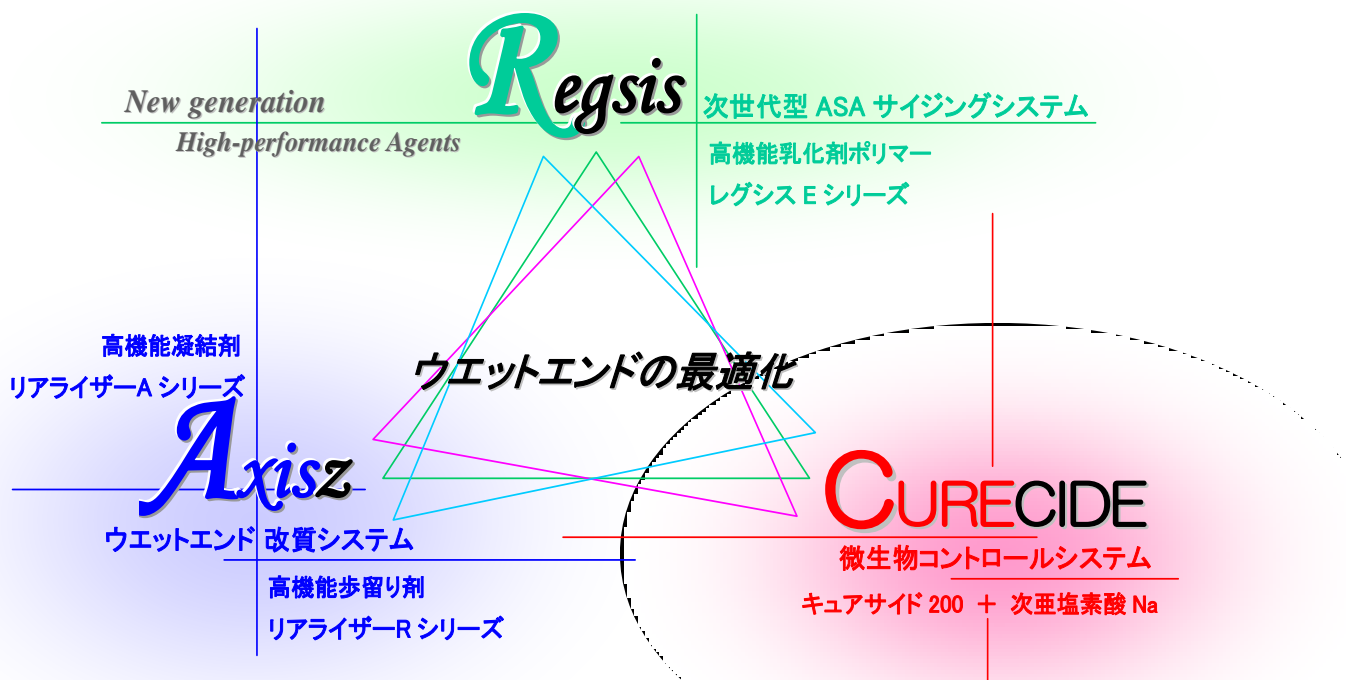


図2 ウエットエンドのトータルソリューションプログラム

2.2 ウエットエンド改質システム「アクシーズシステム」の特徴

弊社の「アクシーズシステム」は、抄紙マシンの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、系内の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。

上記「リアライザーA シリーズ」と「リアライザーR シリーズ」を組み合わせることで、ウェ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。

2.3 次世代型 ASA サイジングシステム「レグシス」の概要

ASA サイズ剤が幅広い pH 領域で優れたサイズ効果を発揮することは古くから知られている。この高いサイズ効果は、ASA サイズ剤の無水環がセルロースの水酸基と共有結合することに起因している。また硬化が早いためサイズの立ち上がり早い等、ロジン系サイズ剤や AKD サイズ剤と比較してメリットは多い。しかしながら、加水分解が速くデポジットを発生しやすいため抄紙マシンの汚れ問題の解決が難しく、日本での普及率は低い。

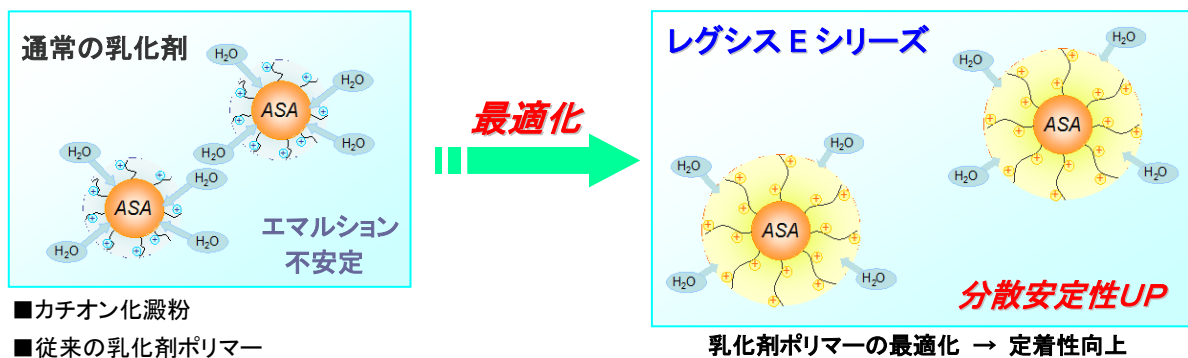


図3 高機能乳化剤ポリマー「レグシスEシリーズ」によるASAサイズ剤の乳化

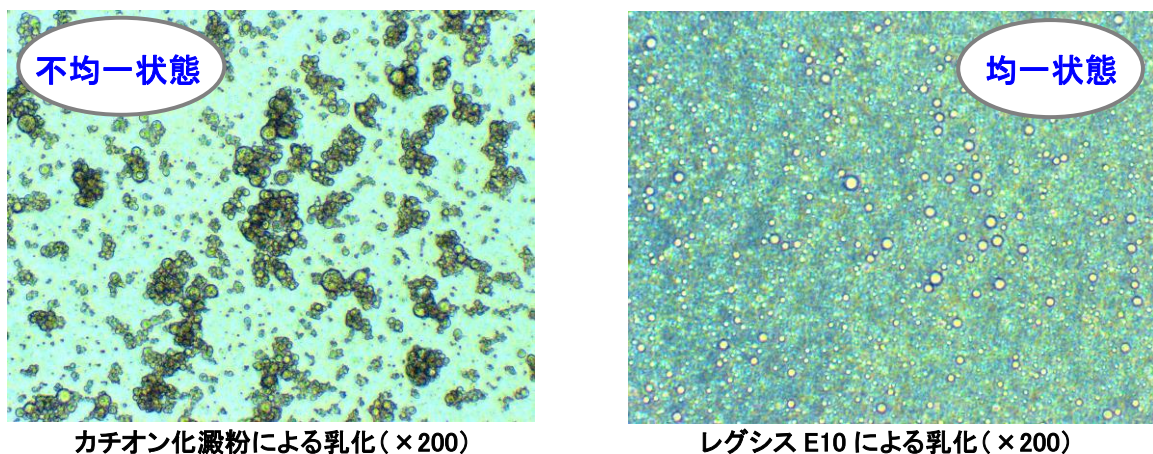


図4 乳化剤の違いによるASAサイズ剤エマルジョン粒子の分散性への影響

弊社では、ASA サイズ剤のデメリットである抄紙マシンの汚れを抑えるために多方面から開発に取り組んできた。ASA サイズ剤の乳化剤「レグシス E シリーズ」の合成には最新の技術を導入している。「レグシス E シリーズ」は、図 3 に示す様に従来のカチオン化澱粉や乳化剤ポリマーと比較して ASA サイズ剤エマルジョンの分散安定性を高めることができる。また図 4 にカチオン性乳化剤ポリマー「レグシス E10」による ASA サイズ剤エマルジョンの分散性を顕微鏡写真で示した。カチオン化澱粉による乳化状態と比較すると「レグシス E10」を使用した系は、明らかに均一に分散していることが分かる。

ここではアクシーズシステムで培ってきたポリマーの合成ノウハウをもとに高機能乳化剤ポリマー「レグシス E シリーズ」を最適化することにより ASA サイズ剤の定着性を向上させ、汚れの原因となる未定着の ASA サイズ剤を最小限に抑えることに重点を置いた。「レグシス E シリーズ」ポリマーの疎水基と親水基のバランスの最適化には、「リアライザー A シリーズ」の合成技術を導入している。

3. 「アクシーズシステム」による抄紙マシンの汚れ対策

粘着剤やラテックス由来の有機系デポジットは填料やスライムと結合しやすく、有機・無機・生物的要素を含む複合型デポジットを形成しやすい。一方で填料の高配合化は、カルシウム由来の無機系デポジットを増加させている。またコートブロークの高配合時は、ラテックス由来のホワイトピッチトラブルが多発している。これらのトラブルの原因は、スチレン等の有機物質を核として炭酸カルシウム等と結合したデポジットが多い。また抄紙用具に付着したこれらのデポジットは脱落して紙面欠陥につながりやすく、品質的に大きな問題を生じやすい。ここでは「アクシーズシステム」による複合型デポジット対策について紹介する。

3.1 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な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 5 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。ウエ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

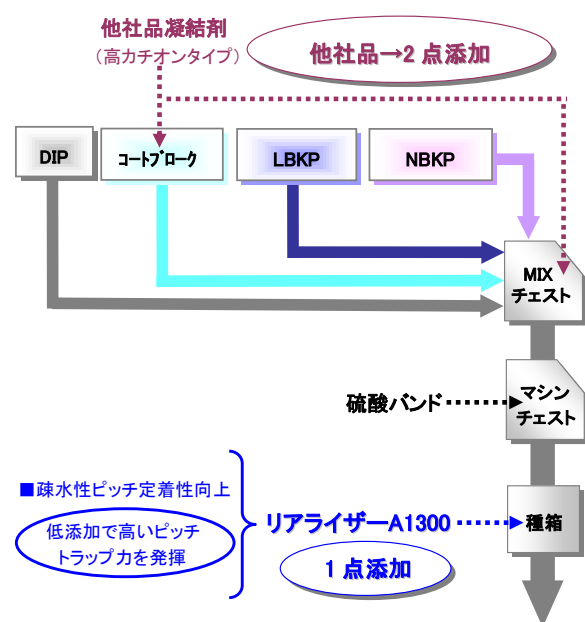


図 5 高機能凝結剤「リアライザー A1300」添加フロー

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1の疎水性ピッチ成分の定量には、弊社独自の方法である「ポリエチレンステック法」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1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。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。

表1 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

3.2 高機能歩留り剤「リアライザーRシリーズ」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6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。「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、スクリーン出口にアニオン性歩留り剤を添加せずに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7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

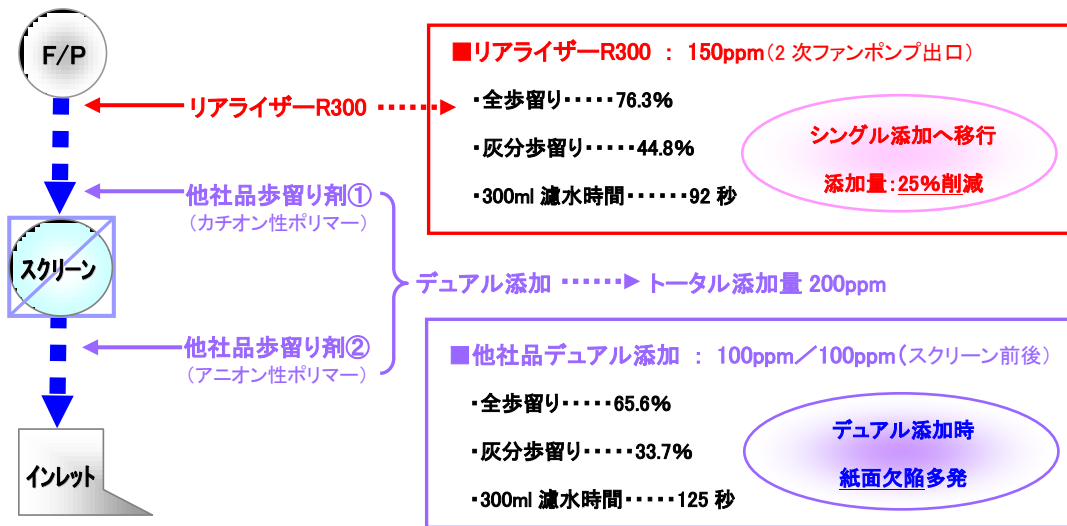


図6 高性能歩留り剤「リアライザーR300」シングル添加の効果

ムに特徴があるためである。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ェ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の更なる添加が必要であった。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良くなり、「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ェアーによりダメージを受けにくい、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。

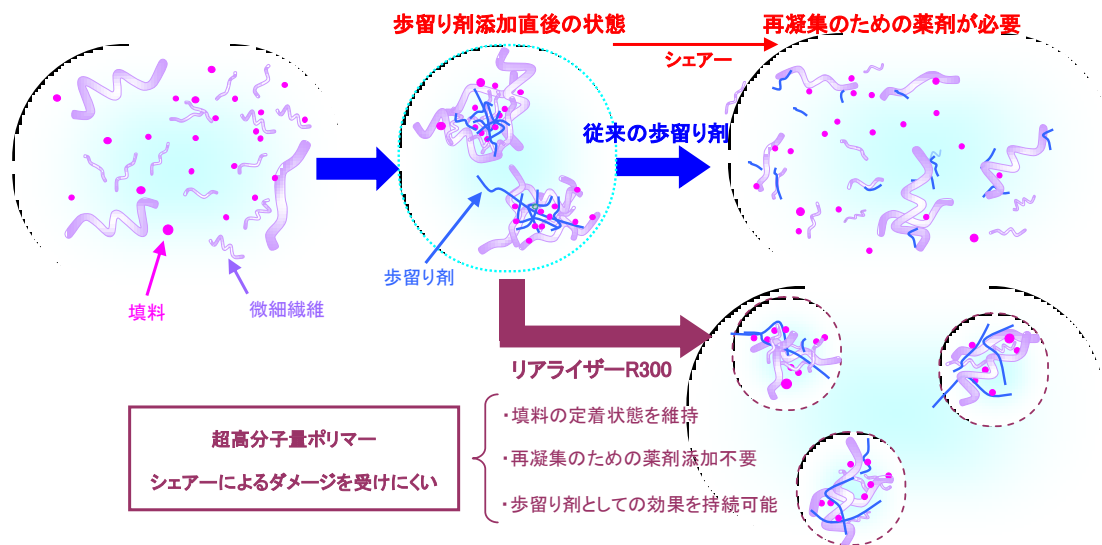


図7 「リアライザーR300」シングル添加によるフロック形成メカニズム

4. 次世代型ASAサイジングシステム「レグシス」の効果

ウェットエンドにおける内添薬剤の中でもサイズ剤は、抄紙マシンの汚れトラブルの原因になりやすい。そのため出来るだけ低添加量で高いサイズ効果を得ることが重要になる。内添サイズ剤は、ロジン系サイズ剤、AKD サイズ剤、ASA サイズ剤に大別されるが、デポジット問題のため ASA サイズ剤の日本での普及率はかなり低い。ASA サイズ剤の持つ無水環は水により開環してジカルボン酸を生成する。このジカルボン酸が抄紙系内の金属イオンと反応して高級脂肪酸塩を形成し、不溶化するためデポジットを発生しやす。しかしながら欧米においては ASA サイズ剤が幅広く使用されている。弊社では、多くのメリットを兼ね備えた ASA サイズ剤の汚れを低減するために多方面から開発に取り組んで来た。ここでは高機能乳化剤ポリマー「レグシス E シリーズ」の効果を中心に説明する。

4.1 ASA サイズ剤エマルジョンの粒度分布の重要性

レグシスは「高機能乳化剤ポリマーEシリーズ」を用いて ASA 原体「レグシス S シリーズ」を乳化して抄紙系内に添加する 2 液タイプのサイズ剤である。生成した ASA サイズ剤エマルジョンの粒度分布はパルプ繊維への定着性向上と汚れ低減のための重要なポイントになる。図 8 に乳化条件の異なる ASA サイズ剤エマルジョンの顕微鏡写真を示す。

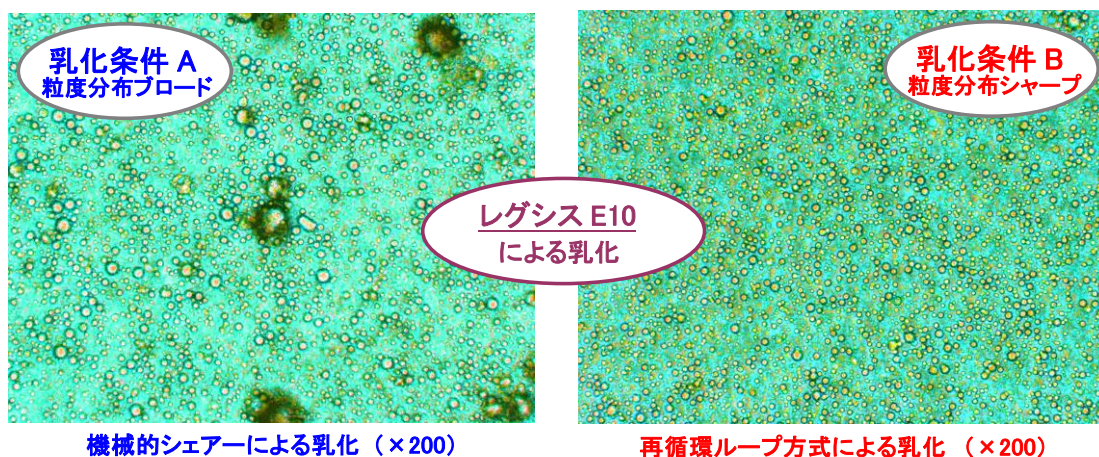


図 8 ASA サイズ剤の乳化条件の違いによる粒度分布への影響

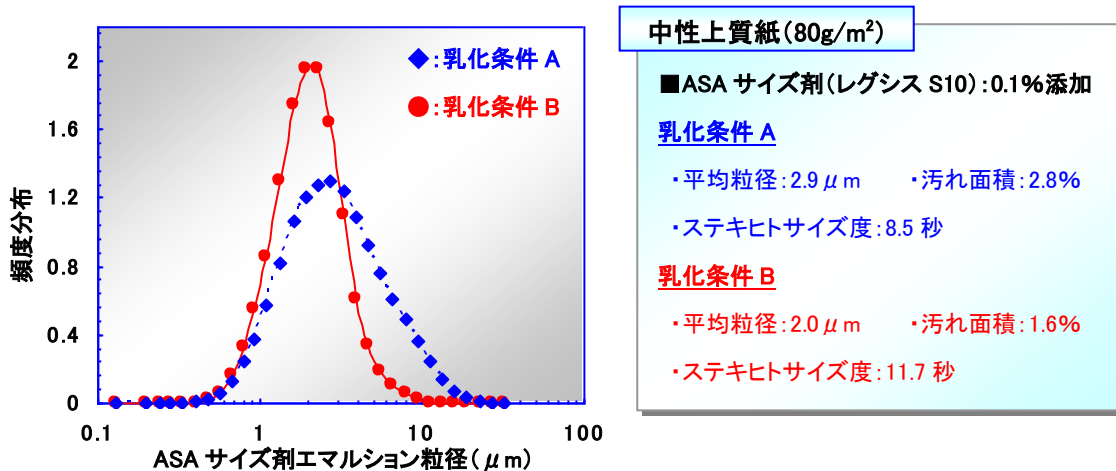


図 9 ASA サイズ剤の粒度分布とサイズ効果の関係

乳化条件Aは機械的シェアーによる乳化で生成したASA サイズ剤エマルジョンであるが、乳化時の機械的シェアーが強いため形状、大きさの異なる粒子が凝集し不均一な状態であることが分かる。この様に粒子が凝集した状態ではエマルジョンの表面積が小さく、パルプ繊維への定着性が低下するため汚れが増加すると共にASA サイズ剤がパルプ繊維表面に均一に分布しないためサイズ効果の低下が生じる。一方、乳化条件Bは機械的シェアーをできるだけかけない再循環ループ方式（レグシス専用乳化装置）を用いて最適条件下で調製したASA サイズ剤エマルジョンである。粒子が均一に分散しているためパルプ繊維への定着性に優れ、汚れ低減及びサイズ効果の向上が可能になる。図9にASA サイズ剤エマルジョンの粒度分布とサイズ度等の測定結果を示す。ここでの汚れ面積は、弊社独自の「フィルム吸着法」で測定している。汚れ面積が小さい方がデポジットが少ないことを表している。中性上質紙料にて坪量80g/m²のハンドシートを作製した際のステキヒトサイズ度と汚れ面積を測定した結果、乳化条件Bで調成したASA サイズ剤エマルジョンは、粒度分布がシャープでステキヒトサイズ度が高いことが分かる。また汚れ面積の減少が顕著で、抄紙マシンの汚れを低減するためにはASA サイズ剤エマルジョンの粒度分布を狭めることが重要であることを示唆する結果となった。

5. 微生物コントロールシステム「キュアサイド」による抄紙マシンの汚れ低減

近年、抄紙系白水の微生物トラブル（スライムトラブル）への対応のため従来から使用されてきた有機スライムコントロール剤と共に無機酸化剤（代表例として次亜塩素酸ソーダ溶液）を主に管理コスト削減のために併用、または単独で使用するケースが増加している。ここでは、弊社の微生物コントロールシステム「キュアサイド」による抄紙マシンの汚れ対策について紹介する。

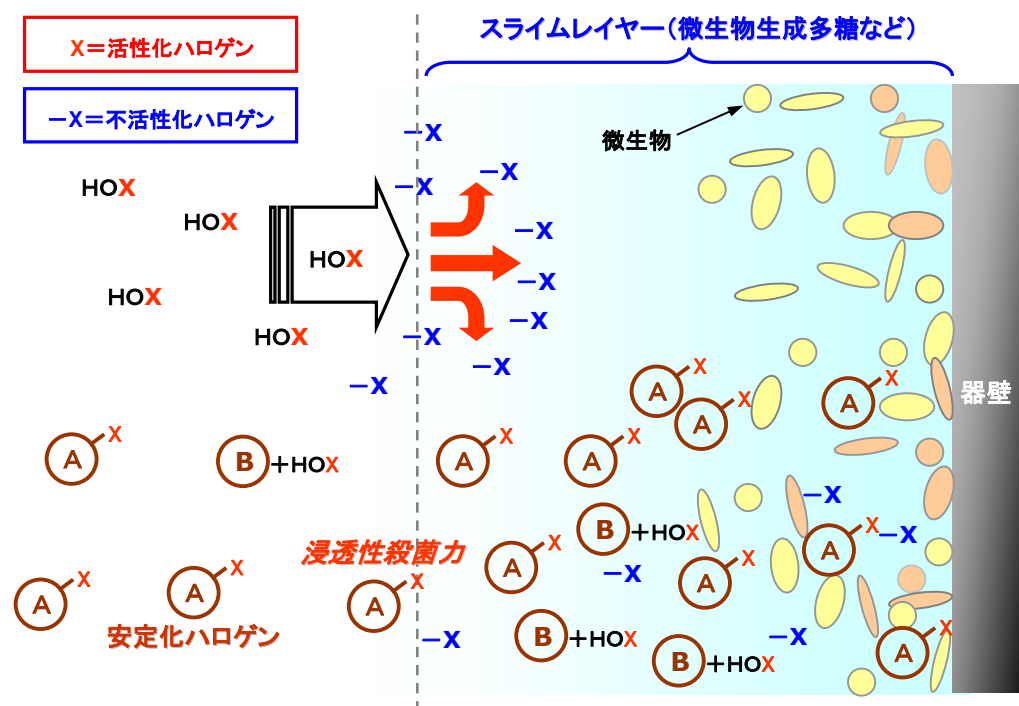


図10 「キュアサイド」による抄紙マシンの微生物付着防止作用機構

5.1 「キュアサイド」の作用機構

次亜塩素酸ソーダはその強力な酸化力のために白水中のあらゆる有機物との反応性が非常に高く、結果として微生物以外の有機物による消耗が激しく抄紙系白水では処理効率（殺菌効果）が著しく低下する。弊社が開発した新規スライムコントロール剤「キュアサイド」は次亜塩素酸ソーダと混合して添加することにより、その過剰な酸化力を緩和し、処理効率を飛躍的に上げることができる。同時に、反応中間体として生成されるハロゲン受容体（安定化ハロゲン）は次亜塩素酸、または次亜塩素酸イオンの持つ細菌類に対する非常に強力な殺菌力に対し、ややマイルドな殺菌力と抑制力を持っている。特に有機ハロゲン受容体はスライム障害の原因微生物として次亜塩素酸による効果がやや弱いカビ・酵母に対して強力な殺菌力を発揮するため、幅広い効果を示す。また微生物スライムそのものに対しての浸透力に優れるため強力なスライム微生物に対する殺菌効果を発揮する。

図 10 に示す様に「キュアサイド」のスライム内部への強力な浸透力は、深奥に生息するスライム微生物を殺菌することにより新たなスライムレイヤーの生成を阻止するだけでなく、スライムレイヤーを構成する微生物生成多糖類をも酸化変性（分解）し、粘着性を減少させることによりスライムの剥離を引き起こすことができるため器壁への付着を最小限に抑えることができる。

図 11 に「キュアサイド 200」をクリヤー白水に添加した際のシャワー配管内部の汚れ低減効果を示す。「キュアサイド 200」を 40 日間使用した際のシャワー配管内部は、使用前と比較して明らかに付着物が低減していることが確認できる。この様に「キュアサイド」の十分量の投入は結果としてスライム障害を予防するだけに止まらず、スライム多糖に由来するマシン汚れを取り除く効果を発揮する。

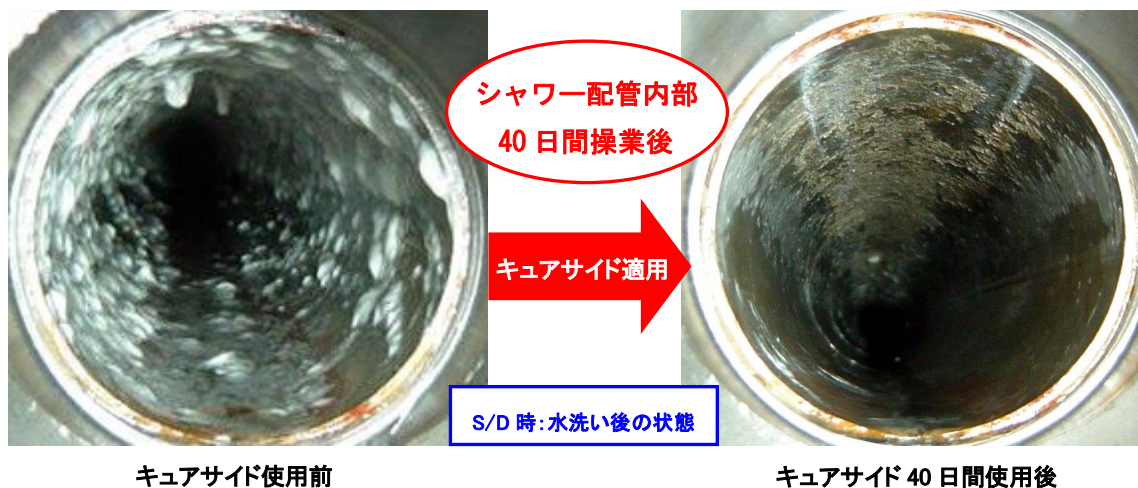


図 11 「キュアサイド」による抄紙マシンの汚れ低減効果

5.2 「キュアサイド」のコントロールシステム

「キュアサイド」の優れた効果を最大限に発揮させるためには、反応保持時間・濃度・混合比を厳密に管理する必要がある。弊社では、この管理のために「キュアサイド」と次亜塩素酸ソーダを混合・添加する際の原液先端混合を特徴とする安全性に優れた図 12 の様なコンパクトな専用添加装置を開発した。この装置の開発により、添加装置と添加場所が遠く離

れていても位置関係に大きく左右されることなく、また比較的高い反応温度（40℃）まで安定に自動添加することが可能となった。

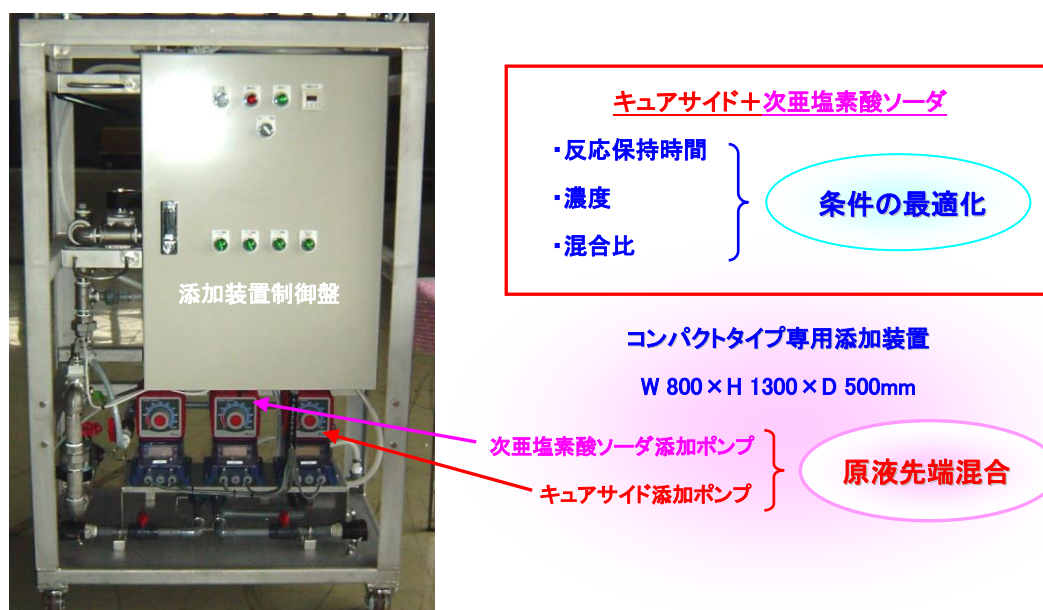


図 12 「キュアサイド」自動添加装置概要

6. まとめ

弊社の「ウエットエンドトータルソリューションプログラム」を適用することにより、複合型デポジットの的確な分析及びそれに対応する最適な薬剤の選定が可能になる。また品質面でも紙面欠陥の低減に寄与できる。今後、「アクシーズシステム」、「レグシス」、「キュアサイド」のコンビネーション化を進め、各種添加薬剤の効果を最大限に発揮させることにより抄紙マシンの汚れ対策に貢献して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 平成 13 年度紙パルプ年次大会講演要旨集、549(2001)
- 2) 但木孝一、朝田知子、常川謙二 平成 14 年度紙パルプ年次大会講演要旨集、221(2002)
- 3) 谷口昌、但木孝一、黒瀬茂 平成 15 年度紙パルプ年次大会講演要旨集、447(2003)
- 4) 但木孝一、朝田知子、加藤美穂 平成 17 年度紙パルプ年次大会講演要旨集、408(2005)
- 5) 常川謙二、春日一孝、但木孝一 平成 18 年度紙パルプ年次大会講演要旨集、223(2006)
- 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)