

「キュアサイド」と「リアライザー」による

抄紙マシンの操業性と紙品質の向上

—スライムコントロール剤と多機能凝結剤によるウエットエンドの最適化—

ソマール株式会社*¹ 技術本部 技術開発部 武末早織*²

但木 孝一

Optimization of Wet-end Process by Slime Control Agent “CURECIDE” and Coagulant “REALIZER”

Saori Takesue*² and Koichi Tadaki
SOMAR Corporation*¹

Abstract

In recent years, there has been an increasing trend toward more paper making defects and paper breakage problems in paper machines. Paper making conditions are becoming more severe due to the decline in the quality of pulp and recovered paper raw materials and the accumulation of contaminants caused by the closed paper machines. The focus of this study was on the fact that, based on the results of analysis of paper making defects and paper machine tool deposits, there are many cases in which slime involving microorganisms, adhesive pitch consisting of vinyl acetate, styrene, and acrylates mixed in from recovered paper, and anion trashes form a complex foreign matter. To improve the operation of paper machines, it is essential to reduce paper defects and breaks, and many paper machines have similar problems.

In terms of paper quality, the dosage of additives such as sizing agents and paper strength agents added tends to increase in order to improve and maintain quality, and in some cases, the fixation of these additives is poor. If these unsettled additives are circulated in the system and accumulate in the system, they cause paper making defects and trouble with stains on the paper machine tools. To improve the operation of the paper machine, such as to reduce the number of paper breakages and defects, it is important to optimize the dosage of various additives without degrading the quality of the paper.

We have applied the slime control agent “CURECIDE Series” and the multifunctional coagulant “REALIZER A Series” to various fields such as paper machines, paperboard machines, and household paper machines, and conducted tests to improve the operability and paper quality of paper machines using the optimum addition method and optimum addition amount. The results of the tests will be presented.

1. はじめに

近年、抄紙マシンでの抄き込み欠陥や断紙トラブルが増加する傾向が多々見られる。パルプや古紙の原料面での品質低下や抄紙マシンのクローズド化による汚れ物質の蓄積など、抄紙条件としては、より厳しい方向に向かっている(図1)。弊社では、抄き込み欠陥や抄紙マシン用具付着物等について、各種機器分析・PCR分析等を用いたトラブル原因調査に対応している。本報では、近年の分析結果より微生物が関与するスライム、古紙等から混入する酢酸ビニル・スチレン・アクリレート系の粘着性ピッチ、アニオントラッシュ等が複合的な異物を形成するケースが非常に多い事に着目した。抄紙マシンの操業性を向上させるためには、紙欠陥や断紙の低減は欠かせないことであり、多くの抄紙マシンが同様の問題を抱えている。また紙品質面においては、品質向上・維持のために各種内添薬剤の添加量が増える傾向にあり、その定着性が悪いケースも見られる。未定着の内添薬剤が系内を循環し系内に蓄積して行くと抄き込み欠陥の発生や抄紙マシンの用具汚れトラブルの要因になってくる。抄き込み欠陥や断紙低減等の抄紙マシンの操業性向上のためには、紙品質を低下させることなく各種内添薬剤の添加量を最適化して行くことが重要な要素となってくる。

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

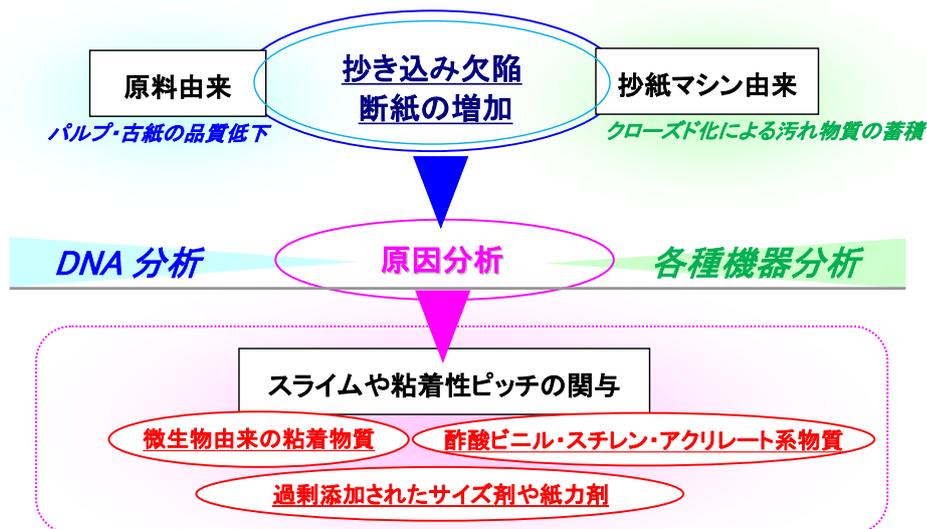


図1 抄き込み欠陥トラブル・断紙の増加要因

2. 抄紙マシンの課題と対応薬剤

ここでは、微生物由来のスライムと酢酸ビニル、スチレンやアクリレート系粘着性物質の複合的な要因からなる抄き込み欠陥対策として、図2に示す弊社スライムコントロール剤「キュアサイドシリーズ」とポリマー系多機能凝結剤「リアライザーAシリーズ」の適用による抄紙マシンの抄き込み欠陥低減や紙品質向上について紹介する。

「キュアサイドシリーズ」は、次亜塩素酸ナトリウムと併用するタイプの酸化型スライムコントロール剤であり、無機、有機殺菌成分による強力な殺菌力を活かして抄紙マシン系内のスライムトラブルを大きく低減できる。また、弊社の新技術である「リアクティブポリマー」を導入した多機能凝結剤「リアライザーAシリーズ」は、系内のアニオンラッシュ低減や粘着性ピッチ対策に有効な新しいタイプの凝結剤である¹⁾。微生物由来のスライムや粘着性ピッチ成分等から成る複合的な抄き込み欠陥対策には、両薬剤のアプローチが有効である。

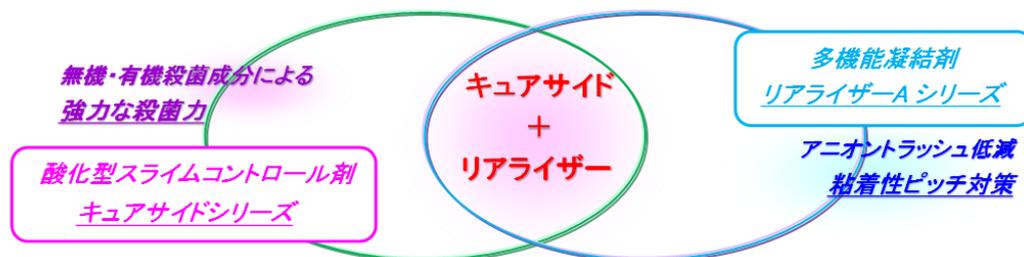


図2 「キュアサイドシリーズ」と「リアライザーAシリーズ」の特徴

これらのスライムコントロール剤「キュアサイドシリーズ」と多機能凝結剤「リアライザーAシリーズ」の薬剤を洋紙マシン、板紙マシン、家庭紙マシン等様々な分野に適用して最適な添加方法、最適な添加量で抄紙マシンの操業性や紙品質向上を目指してテストを実施した結果を紹介して行く。

3. スライムコントロール剤「キュアサイドシリーズ」の特徴

微生物由来の粘着物質であるスライムは、微生物の増殖時に産生する多糖類などがパルプ・ピッチ・填料等の物質を巻き込んでいくことで形成・成長する。抄紙機内配管の壁面等に生じたスライムはやがて剥離し、断紙や紙面欠陥の増加、各種フィルターやフェルト、シャワーノズルへの詰り発生、臭気の発生、抄紙機の洗浄頻度の増加といった様々な問題を引き起こす。

スライムの発生・成長を未然に防ぐためには、スライムコントロール技術が重要となる。弊社では、微生物由来の汚れ・欠陥トラブルの予防対策としてスライムコントロール剤「キュアサイドシリーズ」の展開と更なる改良に長年努めてきた。

「キュアサイドシリーズ」は、次亜塩素酸ナトリウムと混合することで殺菌成分を生成する酸化型スライムコントロール剤である。一般的な無機酸化型スライムコントロール剤は、次亜塩素酸ナトリウムと混合させると無

機殺菌成分のみ生成するが、「キュアサイドシリーズ」は、無機殺菌成分(図3-A)に加え有機殺菌成分(図3-B)も生成することが大きな特徴である。この有機殺菌成分は安定性が高く、無機殺菌成分では難しい真菌類にも高い殺菌効果を発揮するためマシン系内の汚れ対策に非常に有効である²⁾。

スライムコントロール剤は、過不足なく最適条件で抄紙系内へ添加することが非常に重要である。添加量が不足すると殺菌が不十分となり微生物由来の汚れが生じやすくなる。逆に添加過剰な場合は、歩留り剤、紙力剤、染料等の有機系薬剤の効果の阻害や抄紙機内の金属部の腐食といったトラブルを引き起こす原因となる。「キュアサイドシリーズ」は、添加量を最小限に抑えつつ殺菌効果を最大限発揮できるスライムコントロール剤である。また「キュアサイドシリーズ」の添加には、先端混合技術やORP自動制御技術を導入しており、設備面でも添加量が適切となる様にコントロールしている。

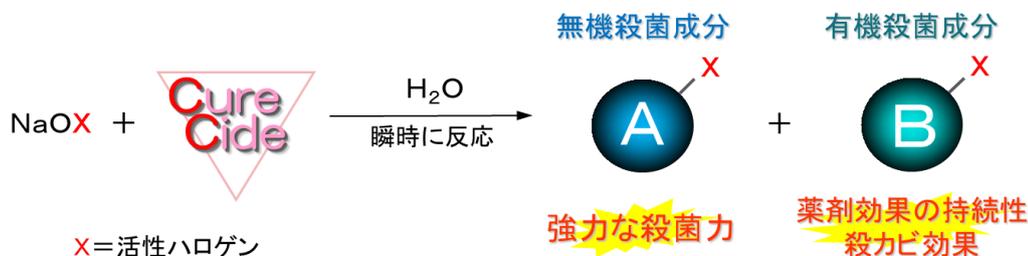


図3 「キュアサイドシリーズ」の殺菌機構

3. 1 先端混合技術による添加

一般的な無機酸化型スライムコントロール剤は、使用時に次亜塩素酸ナトリウムと混合してから抄紙系内へ添加する。この時生成される殺菌成分は不安定で加水分解しやすく、添加までの間に徐々に失活するため装置と添加位置が離れている場合は十分な殺菌効果を発揮することが難しい。

弊社では、殺菌効果の低減を防ぐため「先端混合技術」を導入している。これはキュアサイドと次亜塩素酸ナトリウムを添加装置内で混合するのではなく、専用添加装置でそれぞれ別の配管で移送し、添加される直前に混合する技術である。装置から添加位置までの距離に関係無く、殺菌効果を最大限に発揮させることが出来る。

3. 2 ORP 自動制御による添加量最適化技術

「キュアサイドシリーズ」は酸化系薬剤であり、添加箇所のORP(酸化還元電位)を連続測定することで添加前後の状況をリアルタイムに確認することが可能である。キュアサイドを添加するとORPは正のピークとなって検出される。この時のピーク形状から殺菌力や殺菌効果の持続性を評価する。また、抄紙系内が腐敗傾向にあるとベースラインが下降するため、系内環境が正常か確認するためのバロメータにもなる。

このリアルタイムのORPデータを元にキュアサイドの添加量を最適化する技術が「ORP自動制御技術」である。ORPの最適範囲を設定しORP値を元にキュアサイドの殺菌効果が現れやすい場合は、添加量を削減、殺菌効果の現れにくい場合は増量することで、常に最適量を添加することが出来る。銘柄変更の多い抄紙マシン等に特に有効で、系内環境が変動しても安定した殺菌効果を維持できるだけでなく、添加量を最小限に抑えられるメリットがある。

4. パルプ原料の種類によるスライムコントロール剤の効果差とキュアサイドによる最適化

スライムコントロール剤は、パルプ原料や内添薬剤といった抄紙系内の環境の違いによって殺菌効果が大きく変化する。例えば、パルプ原料の中でもバージンパルプは、古紙と比較して微生物数や微生物の栄養源となる有機系夾雑物が少なく、スライムコントロール剤の殺菌効果は現れやすい。一方古紙パルプは、様々な有機系夾雑物が混入するため微生物が増殖しやすく、古紙処理工程で還元性漂白剤等を使用する場合はスライムコントロール剤の殺菌効果は更に効きにくくなる。そのため、抄紙系内の特徴を考慮した上でスライムコントロール剤の最適添加条件を設定する必要がある。

A社板紙マシンでは、抄造銘柄により抄紙マシン内の汚れや抄き込み欠陥が発生する課題が生じていた。このマシンでは、バージンパルプ・上質古紙・段古紙・雑誌古紙といった複数種類のパルプ原料を抄造銘柄により使い分けている。そこで、ラボ試験にて各種原料パルプを使用した時の白水を調査した(表1)。

バージンパルプや上質古紙使用時の白水は、細菌数が少なく嫌気性腐敗の指標である硫酸還元菌も未検出だった。一方雑誌古紙や段古紙使用時の白水は、細菌・カビ数だけでなく硫酸還元性細菌も多く検出された。これは、ORPが負の値で還元性物質濃度が高いため、スライムコントロール剤が効きにくい抄紙系内になっていると考えられる。従って、この様なスライムを発生しやすいパルプ原料の使用が、マシン内汚れや抄き込み欠陥の原因となっていると考えた。

この工程内調査結果を元に「キュアサイド600」の添加処方を作成し、実機試験にて殺菌効果を確認した。系内環境の情報を元に添加処方を最適化することで、使用量を大幅に削減しつつ、雑誌古紙・段古紙使用時も良好な殺菌効果を維持できた。「キュアサイド600」による殺菌効果の向上により課題であったマシン内汚れや抄き込み欠陥の低減にも繋がった。

表1 A社板紙マシンでのパルプ原料の種類による系内環境の違い

A社 工程内調査結果	パルプ主原料			
	バージンパルプ	上質古紙	雑誌古紙	段古紙
還元性物質濃度 [ppm]	1.2	11.7	65.9	80.0
pH	6.1	7.0	6.6	6.5
ORP [mV]	191	155	-147	-75
細菌数 [ヶ/ml]	9.4×10^5	9.6×10^6	8.9×10^7	1.0×10^8
カビ数 [ヶ/ml]	1	4	4.8×10^2	1.2×10^2
硫酸還元性細菌 [ヶ/ml]	$<10^2$	$<10^2$	1.8×10^3	1.7×10^3

B社 家庭紙マシンは、バージンパルプや上質古紙をパルプ原料に使用しているため、スライムコントロール剤が比較的効きやすい抄紙系内といえる。しかしスライムコントロール剤の添加条件が適切でなく、殺菌効果不足のために白水サイロ等にスライムが発生し、スライム要因の断紙が多発する課題があった。そこで「キュアサイド600」を導入することで、殺菌力向上・スライム発生防止に効果があるか確認した。ロングラン実機試験にて、白水サイロへ「キュアサイド600」を添加した結果を表2に示す。従来品と比較して、削減処方でも添加直後～添加30分後まで高い殺菌効果が持続していることが分かった。この持続性の高い殺菌効果により、スライムの発生量が減少し断紙の発生数も低減した。

表2 B社家庭紙マシンでの「キュアサイド600」実機試験結果

B社 実機試験結果	従来品			キュアサイド600 20%削減処方		
	細菌数 [ヶ/mL]	カビ数 [ヶ/mL]	残留塩素濃度 [ppm]	細菌数 [ヶ/mL]	カビ数 [ヶ/mL]	残留塩素濃度 [ppm]
添加前	2.2×10^6	10	—	1.4×10^6	0	—
添加直後	2×10^2	0	2.5	$<10^2$	0	3.2
添加終了30分	1.0×10^5	7	0	8×10^2	0	0.6

5. キュアサイド導入による紙面欠陥・損紙の低減

C社 ライナーマシンでは、無機酸化型スライムコントロール剤を使用していたが、マシン汚れや欠陥が多発しており殺菌効果が不十分な状態だった。そこで殺菌力の高いキュアサイドを提案し、殺菌力向上によるマシン内汚れの低減効果を確認した。「キュアサイド600」を実機試験にて添加した際の各層の菌数結果を表3に示す。「キュアサイド600」は、有機・無機殺菌成分を生成することが出来るため殺菌力が高く、持続性も良好であることが分かった。また、添加量を約30%削減しても従来品以上の殺菌効果が確認された。ロングラン実機試験にて添加を継続した所、紙面欠陥が低減しただけでなく、損紙の発生量も大幅に減少させることができた。

表3 C社ライナーマシンでの「キュアサイド600」実機試験結果

C社 実機試験結果	従来品						キュアサイド600 30%削減処方					
	表層		中層		裏層		表層		中層		裏層	
	細菌数 [ヶ/mL]	カビ数 [ヶ/mL]										
添加前	2.7×10^6	39	2.8×10^6	89	5.1×10^6	102	9.9×10^5	35	4.9×10^5	72	4.0×10^6	106
添加直後	10^2 以下	0	4×10^2	8	4×10^2	18	10^2 以下	0	10^2 以下	0	10^2 以下	0
添加終了30分	3.1×10^4	0	1.0×10^6	64	4.4×10^6	100	10^2 以下	0	1.7×10^3	2	1.0×10^4	3

6. ORP 自動制御による抄紙系内環境の最適化

銘柄変更等により抄造環境が変化しやすい抄紙マシンの場合、一定の添加処方で管理すると添加量の過不足が生じ、十分な殺菌効果を得られない、スライムコントロール剤の使用量にロスが生じるといった問題が起こる。このようなケースでは、ORP 自動制御を導入する事で殺菌効果を安定させることが出来る。

D社 塗工紙マシンは、銘柄による系内環境の変動が大きく、一定添加量の処方ではキュアサイドの添加過剰時と不足時が混在している状態だったため、ORP 自動制御を検討した。ORP 値の最適範囲を設定し、ORP 測定値がその範囲内となる様にキュアサイドの添加量を自動制御させた状態で1ヶ月間評価した。その際の添加直後のORPピーク値をまとめた結果を図4に示す。一定添加量で管理していた時（ORP 自動制御なし）のORPピーク値は、最適範囲以上が34%、最適範囲以下が17%存在し、キュアサイドの添加量に過不足が多く生じていることが分かった。ORP 自動制御を導入すると最適範囲以上が1%、最適範囲以下が6%とORPの最適範囲を外れる確率が大幅に低下し、系内が変動しても安定したキュアサイドの殺菌力を発現できる様になった。また、添加過剰分が減少したことから使用量を約10%削減する事にも成功している。

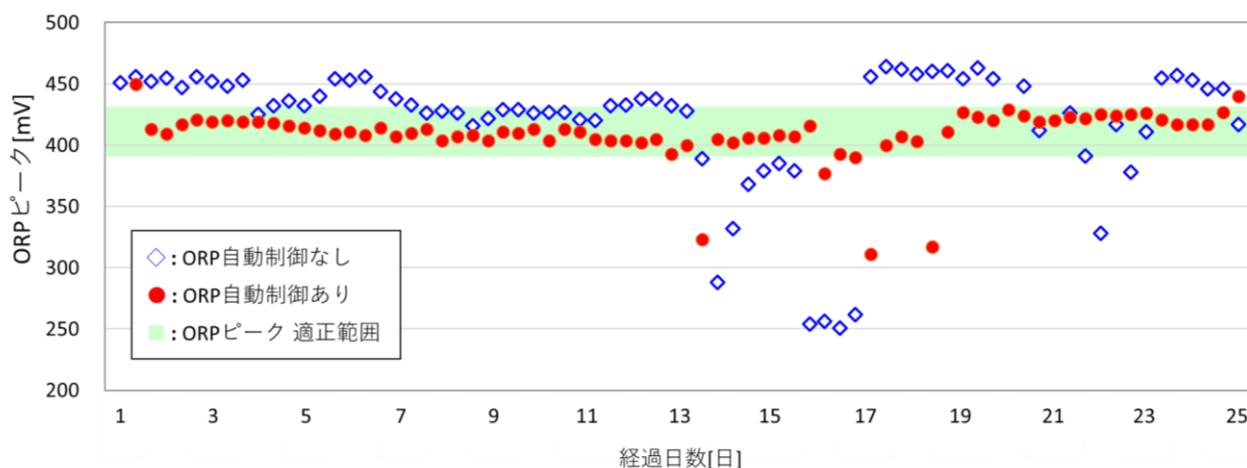


図4 D社塗工紙マシンのORP 自動制御によるピーク高さの比較

7. 多機能凝結剤「リアライザーAシリーズ」の特徴

抄き込み欠陥や断紙トラブルの原因を調査して行くと、微生物が関与するスライムと共に填料成分や粘性ピッチ成分が複合的に関与しているケースが多い。ここで紹介する多機能凝結剤「リアライザーAシリーズ」は、近年弊社が新しく開発した「リアクティブポリマーテクノロジー」を導入したポリマー系凝結剤である(図5)。

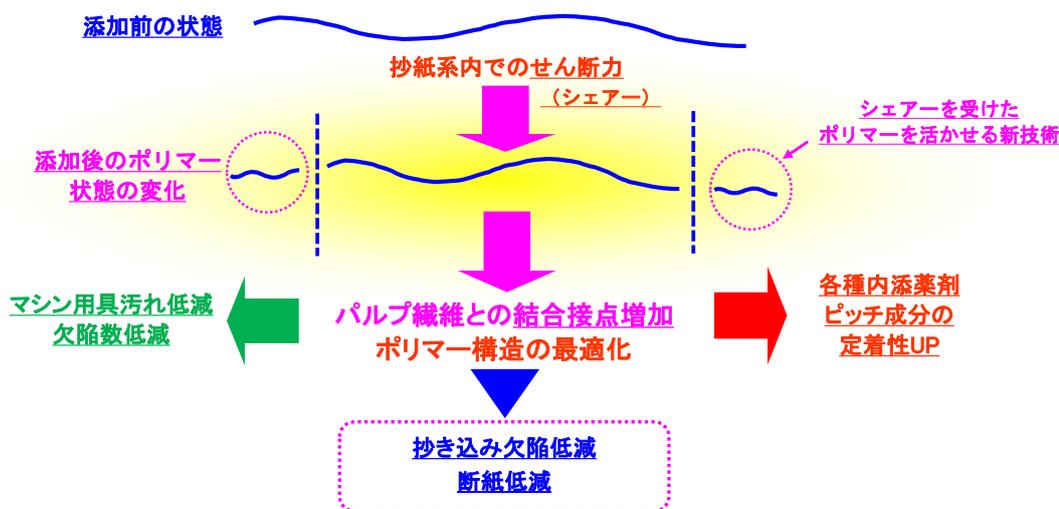


図5 リアクティブポリマータイプの「リアライザーAシリーズ」

これまでの凝結剤と大きく異なる点は、ピッチ成分や内添薬剤をパルプ繊維へ定着させる効果が極めて高い点である³⁾。従来の凝結剤を添加した場合、凝集力が影響して濁度の低下等には効果的である反面、抄き込み欠陥や断紙を効率良く低減できていなかった。最新のリアクティブポリマータイプの「リアライザーAシリーズ」を適用することで抄き込み欠陥を低減した例を紹介して行く。

8. 多機能凝結剤「リアライザーA3500」添加による抄き込み欠陥低減

E社 塗工原紙マシンは抄き込み欠陥と断紙によるトラブルが多い傾向にあり、操作性低下が問題となっていた。原因解明のため抄き込み欠陥を分析した所、微生物系スライムと共に填料由来のCa、スチレン、アクリレート系粘着性ピッチ成分等が検出されていた。このマシンで使用していた歩留りシステムは、スクリーン前にカチオン性歩留り剤、スクリーン後にアニオン性歩留り剤を添加するタイプであった。填料歩留り向上を重視したタイプのためカチオン性、アニオン性歩留り剤は、共に凝集力の高いものが適用されていた。そのため填料成分等が過凝集を起こしやすく、抄き込み欠陥の原因の一つになっていると考えられた。また、凝集力の高い歩留り剤で比較的大きなフロックを形成することが地合い物性を悪化させ、断紙を生じやすくなっていると考えられた⁴⁾。

スクリーン前後で添加していた従来品歩留り剤のデュアル添加の内、特に凝集力が高い傾向にあったカチオン性歩留り剤を多機能凝結剤「リアライザーA3500」に、スクリーン後添加のアニオン性歩留り剤を低添加で高い歩留り効果が得られるリアクティブポリマータイプの「リアライザーFX77」に置き換えた。この多機能凝結剤とアニオン性歩留り剤から成る「リアクティブニュータイプデュアル添加」にて実機試験を実施した結果を表4に示す。

従来品デュアル添加と同率添加量でスクリーン前に「リアライザーA3500」を70ppm、スクリーン後に「リアライザーFX77」を100ppm添加した結果、灰分歩留りが7.5ポイント向上した。また、この時の抄き込み欠陥数は、従来品デュアル添加時と比較して51.2%低減できている状態であった。3Dシートアナライザーで測定した原紙の地合い指数は、「リアライザーA3500」の添加量を100ppmにした時が最も良くなり、フロックサイズも最も小さくなっていた。このテストでは、多機能凝結剤「リアライザーA3500」とアニオン性リアクティブポリマー「リアライザーFX77」の添加比率を最適化することで歩留り、地合い物性の向上と共に抄き込み欠陥数を最大63.7%低減させることができた。

表4 ニュータイプデュアル添加適用時の抄き込み欠陥低減率

	添加量 [ppm]		全歩留り [%]	灰分歩留り [%]	NTU濁度 [度] [†]	好水要求量 [μeq/L] [†]	地合い指数 [-] [※]	欠陥低減率 [%]
	S/C前	S/C後						
カチオン/アニオンポリマー (従来品デュアル添加)	70	100	81.5	50.4	11.8	28.8	24.5	—
リアライザーA3500/FX77 (リアクティブニュータイプ デュアル添加)	70	100	84.0	57.9	5.7	24.1	25.0	51.2
	70	70	82.7	55.6	6.6	26.2	25.8	56.3
	100	70	83.2	56.3	3.6	20.5	26.5	63.7

†：NTU濁度,好水要求量：白水について測定結果

※：地合い指数：数値が大きい方が地合い良好

9. スライムコントロール剤「キュアサイド600」と多機能凝結剤「リアライザーA1800」の併用

F社 板紙マシンは、抄き込み欠陥やマシン汚れトラブルが多発することで操作性が悪く大きな問題となっていた。工程内調査とマシン汚れ異物の分析を実施したところ、白水中に細菌が8乗個/mL、硫酸還元菌が3乗個/mLと非常に高く、異物からも細菌とカビが多量に検出された。トラブルの主な要因は微生物由来であると推測されたため、抄紙系内の殺菌処理が必要であると判断し、図6に示すように白水サイロへ「キュアサイド600」を添加する実機試験を実施した。

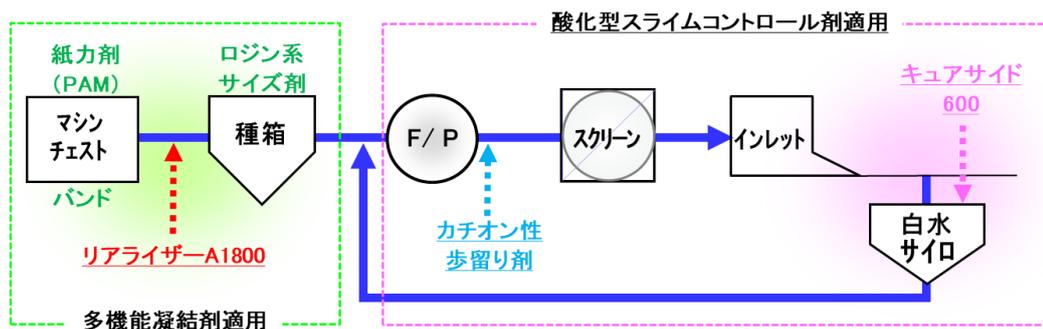


図6 スライムコントロール剤「キュアサイド600」と多機能凝結剤「リアライザーA1800」の適用

実機試験にて「キュアサイド 600」を継続的に添加したところ、マシン内の汚れ発生量が大幅に減少した。それに伴い、抄き込み欠陥数も減少傾向となった。しかし、図7の様な抄き込み欠陥は、残存する傾向にあった。

この抄き込み欠陥について分析した所、スチレンやアクリレート系の粘着性ピッチ成分と共に紙力剤 (PAM) 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測された。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6の示す様に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、多機能凝結剤「リアライザーA1800」を種箱の前に200~400ppm添加する実機テストを実施した。

「リアライザーA1800」を添加すると紙力剤 (PAM) 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 5)。「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種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出来た。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、抄き込み欠陥数を大幅に低減できた⁵⁾。

このように抄き込み欠陥や抄紙マシン汚れは、複数の要因で発生しているケースも多く、要因毎に解決する必要がある。こちらの板紙マシンは、「キュアサイドシリーズ」と「リアライザーAシリーズ」の二つのアプローチにより系内が清澄化し、マシン汚れや抄き込み欠陥数の低減、内添薬剤の使用量減に繋がった一例である。



図7 抄き込み欠陥の状態

表5 板紙マシンへの「リアライザーA1800」適用時の裏層ウエ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] [†]	粉砕要求量 [μeq/L] [†]	欠陥低減率 [%]
コントロール (リアライザーA1800無添加)	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,粉砕要求量：白水について測定結果

10. まとめ

抄き込み欠陥や断紙、抄紙マシン用具汚れ等のトラブルは、微生物由来のスライム・古紙由来の夾雑物・未定着の内添薬剤やアニオントラッシュ等の様々な要因が複合的に作用する事で発生する。そのため、一つの要因のみ対策しても完全に解決できないケースも存在する。弊社は「キュアサイドシリーズ」や「リアライザーAシリーズ」をはじめとした各種製品により様々なアプローチから課題に対処し、ウエットエンドを最適化することが可能である。今後もこれらの薬剤を組み合わせることで、各種抄紙マシンの操業性と紙品質向上のために貢献できる様に努めていきたい。

References

- 1) Miho Kato and Koichi Tadaki: Japan Tappi J. 76, (7), 634-639 (2022)
- 2) Yu Kimura: Japan Tappi J. 73, (10), 949-955 (2019)
- 3) Yohei Miyoshi, Koichi Tadaki, Kazutaka Kasuga and Miho Kato : Japan Tappi J. 73, (4), 308-319 (2019)
- 4) Kazutaka Kasuga, Koichi Tadaki and Hiroyuki Oishi : Japan Tappi J. 70(5) 487-492 (2016)
- 5) Hiroyuki Oishi, Koichi Tadaki and Kazutaka Kasuga: Japan Tappi J. 68, (2), 32 (2014)