

ウェットエンド薬品定着性向上による欠陥低減システムの構築

ソマール株式会社*¹ 技術本部 技術開発部 大石 浩之*²

但木 孝一, 春日 一孝

Construction of Defect Reduction System by Improving Wet-end Chemical Retention

*Hiroyuki Oishi**², *Koichi Tadaki and Kazutaka Kasuga*
Technical Div., Technical Dept., SOMAR Corporation *¹

Abstract

By applying the highly functional retention agent “REALIZER R, FX series” and the multi-functional coagulant “REALIZER A series”, which introduced our new technology “Reactive Polymer Technology”, various internal additions of the paper machine It has been found that the fixability of paper chemicals can be improved, the amount of paper chemicals used can be reduced, and paper defects can be reduced. We have been promoting the application of "Reactive Polymer Technology" to the paper field, but in recent years, we have been promoting the technology cultivated in the paper field to the paperboard field. This paper gives examples of paper and paperboard machines and introduces their effects and features.

As a design technique for improving the fixability of various internally added paper chemicals that are being tackled in parallel, there is the introduction of special monomers to retention agents and coagulant polymers. With the introduction of special monomers and reactive polymers, the functionalization of retention agents and coagulants is accelerated, and it is approaching the point where it can be established as a fixing agent for internal additives.

In order to optimize the wet end and reduce paper defects, not only the review of various internal additives and the optimization of the addition amount, but also the number of bacteria in the system is a very important factor. So far, we have conducted many DNA analysis of paper defects, and it is known that many paper defects are related to microbiological factors. This paper also introduces examples of paper defect reduction by applying our latest slime control agent "CURECIDE System".

1. はじめに

弊社の新技術である「リアクティブポリマーテクノロジー」を導入した高機能歩留り剤「リアライザーR, FX シリーズ」や多機能凝結剤「リアライザーAシリーズ」を適用することで、抄紙マシンの各種内添薬剤の定着性を向上させ、薬剤の使用量を少なくできることが分かってきている。また同時に紙面欠陥数を低減できる結果も得られている。弊社では、これまで「リアクティブポリマーテクノロジー」の洋紙分野への適用を進めて来たが、近年では、洋紙分野で培った技術を応用して板紙分野への展開を進めている。本報では、洋紙、板紙マシンそれぞれのテスト事例を挙げて、その効果や特徴を紹介して行く。

*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: oishi.hiroyuki.c2@somar.co.jp

並行して弊社が取り組んできている各種内添薬剤の定着性をより向上させるための設計技術として、歩留り剤や凝結剤ポリマーへの特殊モノマーの導入がある。「特殊モノマー」や「リアクティブポリマーテクノロジー」の導入により、歩留り剤や凝結剤の高機能化が進み、各種内添薬剤の定着剤としても位置付けを確立できる段階まで近づいてきている。

ウエットエンドを最適化して紙面欠陥を低減させるためには、各種内添薬剤の見直しや添加量の最適化だけでなく、系内の菌数管理も大変重要なファクターである。これまで弊社では、紙面欠陥のDNA分析を数多く実施して来ており、多くの紙面欠陥に微生物的な要因が関係していることが分かっている。本報では、弊社の最新のスライムコントロールシステム「キュアサイドシステム」適用による紙面欠陥低減の例も紹介する。

2. 各抄紙マシンのウエットエンド物性の変化

近年の古紙原料の品質低下等の影響で、各種内添薬剤の添加量は増加する傾向が見られる。特に板紙マシンでのサイズ剤やPAM系紙力剤の使用量は、顕著な増加傾向が見られる。多量に添加される内添薬剤は、ウエットエンドの状態に大きく影響を及ぼしている。電気伝導度の上昇、系内電荷の指標であるカチオン要求量の低下、NTU濁度の上昇等も添加される薬剂量と大きく関係している物性である。表1に示す抄紙マシンは、何れも紙面欠陥トラブルを抱えておりNTU濁度や電気伝導度において高めの傾向が見られる。特にライナー、白板マシンの電気伝導度が顕著に高い数値を示しており各種内添薬剤の効果を発揮しにくいウエットエンド状態となっていることが分かる。

表1 各抄紙マシンのウエットエンド物性

	全歩留り (%)	灰分歩留り (%)	カチオン要求量* (μ eq/L)	NTU 濁度* (度)	電気伝導度* (mS/cm)
ライナー(中層)	52.7	24.6	3.6	105	3.3
白板(中層)	55.8	26.5	4.2	270	2.8
塗工原紙(64g/m ²)	69.5	35.6	13.4	39.2	1.1
新聞紙(42.8g/m ²)	56.9	27.5	25.1	31.3	1.3

※カチオン要求量, NTU濁度, 電気伝導度: 白水の数値

弊社では、これまでポリマーの超高分子量化技術により、填料歩留りを飛躍的に向上させることを可能とする歩留り剤を開発してきた。これらの歩留り剤は、凝集力が強く微細成分を凝集させながら歩留りを向上させるメカニズムであった。現在では、凝集力を高めるのではなく、歩留り剤や凝結剤自体の定着性を高めると同時に、微細成分や内添薬剤のパルプ繊維への定着性を高められる様な改良に注力している。それらの成分が定着して行くことで、過剰な薬剤添加を防ぎ、系内を循環してしまう薬剤を低減して行けるようになる。洋紙、板紙マシンを問わず、何れの抄紙マシンでも系内に過剰に存在するポリマー成分を減らして行くことが欠陥低減の大きなポイントとなる。

紙面欠陥部の DNA 分析

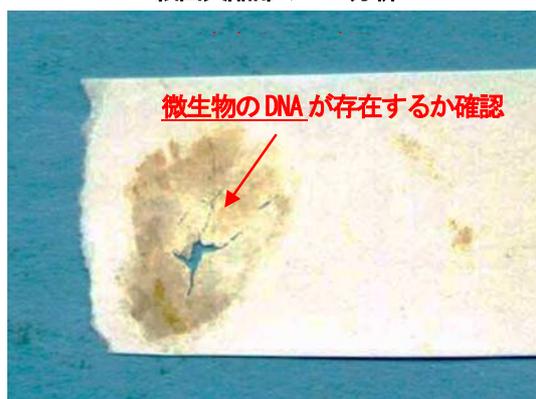


図1 細菌が関与している紙面欠陥の例

紙面欠陥の58%に微生物が関与

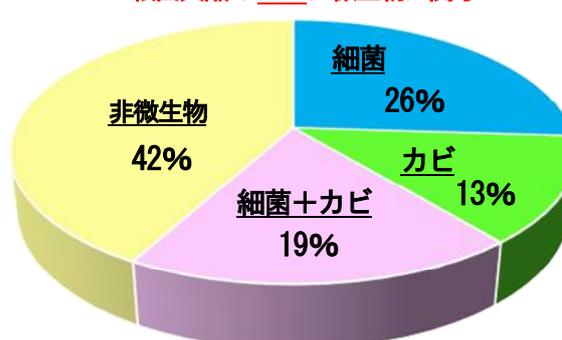


図2 紙面欠陥のDNA分析結果

弊社にて、長年に渡り紙面欠陥のDNA分析をした結果から紙面欠陥の58%に微生物が関与していることが分かる(図1, 2)。特に段ボール古紙に多く含まれる澱粉の影響で板紙マシンの系内の菌数は高いレベルにあり、洋紙マシンとは大きく状況が異なっている。この様に抄紙条件や原料状態の異なる抄紙マシンで、紙面欠陥を低減するためには、紙面欠陥部分に関する詳細な分析が重要であり、その分析結果によって最適な対処方法を検討して行く必要がある。

抄紙マシンの汚れや紙面欠陥を分析する手法としては、はじめにDNA分析により微生物が関与する紙面欠陥であるかどうかを分析することが重要なポイントになる(図3)。一般的な紙面欠陥は、微生物と非微生物要因が複合的に関係していること多いため、対処する薬剤も多方面から検討して行く必要がある。弊社では、ウエットエンド薬品の定着性向上による欠陥低減システムを構築して行ける様に日々、各種薬剤の最適な組み合わせ等を検討している。

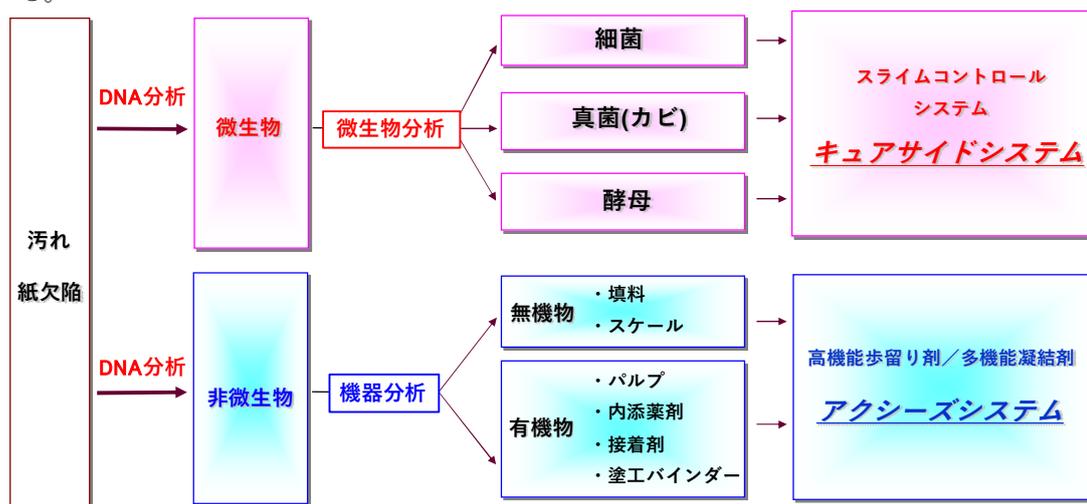


図3 抄紙マシン汚れ及び紙面欠陥分析手法

3. 非微生物要因の紙面欠陥に対するアプローチ

非微生物要因によって発生する紙面欠陥の原因としては、主に填料やサイズ剤や紙力剤等の内添薬剤が関与していることが多い。近年の古紙原料の品質低下や系内クローズド化の進行により、内添薬剤の添加量が増加傾向にあり、紙面欠陥の原因の一つとして検出されるケースも増えてきている(図4)。

弊社では、「内添薬剤の定着性向上」の重要性に着目し、新規ポリマー設計技術として「特殊モノマーの導入」及び「リアクティブポリマーテクノロジーの開発」を進めてきており、各リアライザー製品への適用を開始している。また、リアクティブポリマーテクノロジーについては、中～超高分子量領域の調整が可能なエマルジョンタイプに加え、低分子量領域への適用として水溶液タイプポリマーにも導入を進めている。

本報では、弊社新規開発ポリマーによる内添薬剤定着性向上及び紙面欠陥低減に関する実施例について報告する。

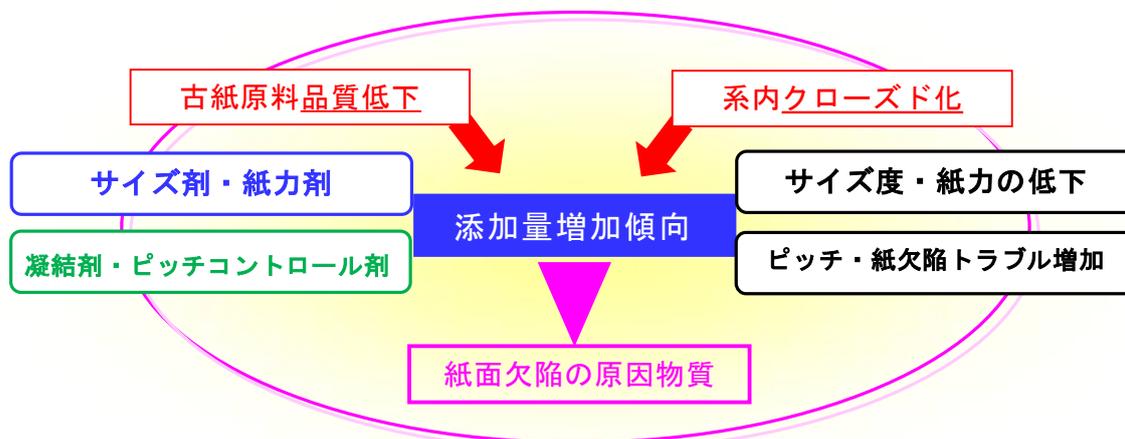


図4 各種内添薬剤と紙面欠陥の関係

3. 1 ライナーマシンにおける内添紙力剤の定着性向上

A社ライナーマシンでのPAM系紙力剤定着性向上のために、多機能凝結剤「リアライザーA3400」を適用した例を紹介する。従来はピッチコントロール剤を全層、種箱に350ppm添加していたが、紙力剤の添加量削減とピッチコントロール剤の置換えのため多機能凝結剤「リアライザーA3400」の実機テストを実施した。「リアライザーA3400」は紙力剤の定着性向上を目的に特殊モノマーを導入した新規ポリマーである(図5)。

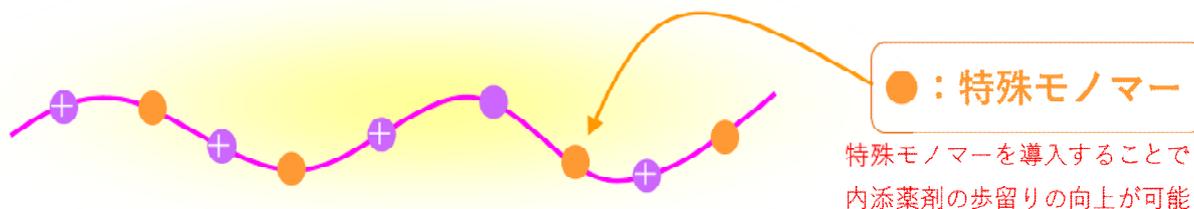


図5 新規「多機能凝結剤」への特殊モノマーの導入

従来品 ピッチコントロール剤350ppm添加に対して「リアライザーA3400」を100~150ppm添加した結果、圧縮強度・破裂強度が共に向上し紙力剤の添加量削減が可能であった(表2)。また、「リアライザーA3400」テスト時はピッチ由来欠陥を含めて通常時より紙面欠陥が少ない状態で作業することができた。「リアライザーA3400」の適用により、薬剤添加量の削減及び歩留りやNTU濁度等のウェットエンド物性が向上し、白水系内を清浄な状態に維持できた。「リアライザーA3400」の特殊モノマー部とPAM系紙力剤との相互作用が働きPAM系紙力剤の歩留りが向上したため、少ない添加量で操業が可能となり紙面欠陥の低減に繋がったものと考えられた。

表2 「リアライザーA3400」実機テスト時の裏層の各物性

	紙力剤 添加量(%)	凝結剤 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 (μ eq/L) ^{*1}	比破裂強度 (kPa \cdot m ² /g) ^{*2}	比圧縮強度 (N \cdot m ² /g) ^{*3}
現行 ピッチコントロール剤	0.20	350	72.3	37.5	223	28.5	2.71	3.86
リアライザーA3400 (カチオン性凝結剤)	0.20	100	73.9	39.2	192	27.9	2.85	4.02
	↑	150	75.1	41.3	167	27.0	2.93	4.21
	0.18	150	74.4	40.6	184	27.4	2.87	4.13

※1白水についての測定結果

※2裏層の測定結果平均値

※33MD,CDの測定結果平均値

3. 2 ライナーマシンにおけるロジンサイズ剤の定着性向上

B社ライナーマシンでは、内添サイズ剤の添加量増加により、サイズ剤由来成分を含んだ紙面欠陥が多く発生しており問題となっていた。ロジンサイズ剤の定着性向上を目的として「リアクティブポリマーテクノロジー」を導入した新規多機能凝結剤「リアライザーA4000」のラボテストを実施したので結果を示す(表3)。

ラボテストでは、従来品凝結剤と比較して表面、裏面共にコブ吸水度の値が改善されている。またカチオン要求量の数値も大きく低減していることから、ロジンサイズ剤の定着性が向上していると考えられる。また、歩留り物性とNTU濁度等のウェットエンド物性についても良好な傾向になっている。特にNTU濁度の数値は50台から35まで低下しており、「リアライザーA4000」の適用によりロジンサイズ剤の定着性が向上していることが示唆される結果となった。内添サイズ剤の定着性を向上させるために「リアクティブポリマーテクノロジー」を導入した多機能凝結剤「リアライザーA4000」により、ウェットエンド物性を改善して行くことで内添サイズ剤が関与している紙面欠陥の低減が可能であると考えられる。

表3 「リアライザーA4000」ラボテストにおける表層の各物性

	サイズ剤 添加量(%)	凝結剤 添加量(ppm)	全歩留り (%)	灰分歩留り (%)	NTU濁度 (度)**	カチオン要求量 (μ eq/L)**	吸水量 Cobb 120(g/m ²)	
							表面	裏面
現行凝結剤	0.50	120	71.5	43.3	52.8	30.7	43.48	27.55
リアライザーA4000 (カチオン性凝結剤)	0.50	100	73.9	39.2	47.7	27.9	40.77	24.36
	↑	120	75.1	41.3	41.2	27.0	38.25	23.20
	0.45	↑	74.4	40.6	34.6	27.4	39.54	23.99

※白水についての測定結果

上記、多機能凝結剤「リアライザーA4000」に導入した「リアクティブポリマーテクノロジー」は、リアライザーRシリーズやFXシリーズの様な歩留り剤にも導入を進めている技術でありポリマー自体のパルプ繊維への定着性が高く、低添加量で高い歩留り物性が得られる特徴を持っている。¹⁾図6に「リアクティブポリマー」のイメージ図を示す。一般的に、スクリーン通過等によるシェアー（せん断応力）を受けると、凝結剤・歩留り剤等のポリマーは低分子量化して行く。従来の凝結剤・歩留り剤では、低分子量化されたポリマーが十分な効果を発揮できないため無駄になっていたが、弊社が独自に開発した「リアクティブポリマー」は低分子量化しても効果を発揮することが可能な新規ポリマーであるため、無駄のない薬剤使用方法が可能となる。

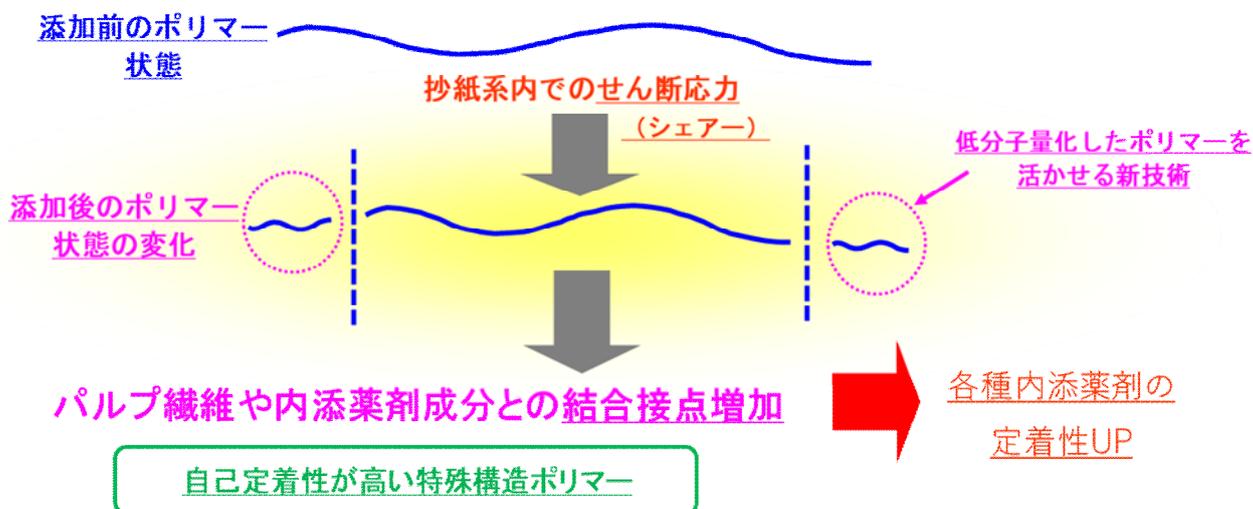


図6 「リアクティブポリマーテクノロジー」の導入

3. 3 洋紙マシンにおける紙力剤の定着性向上

リアクティブ型カチオン性歩留り剤「リアライザーR240」の適用により、添加量を増添し歩留りを大きく上げても地合いへの悪影響がないことを前回報告した。²⁾

C社、上質紙マシンでは紙力の低下が課題となっており、PAM系紙力剤と硫酸バンドを多く添加している。また、この影響によりカチオン成分が多く添加されているため、抄紙系内が陽転しやすく、カチオン性歩留り剤を増添することが困難な状態にあった。従って、この状況下で操業日数が経過すると、抄紙系内に汚れが蓄積して抄きこみ欠陥が多く発生する傾向が見られた。

「リアライザーR240」をPAM系紙力剤の定着性改善と歩留り物性等のウェットエンド物性向上を目的として添加した結果を示す(表4)。

表4 従来型歩留り剤とリアクティブ型「リアライザーR240」との効果比較

	薬剤添加量 (ppm)	テスト条件	全歩留り (%)	灰分歩留り (%)	NTU濁度* (度)	カチオン要求量* (μ eq/L)
従来品 カチオン性歩留り剤	100 (S/C前添加)	-	65.3	38.7	44.5	6.5
リアクティブ型 カチオン性歩留り剤 リアライザーR240	100 (S/C前添加)	-	72.3	46.0	24.4	11.0
	100	紙力剤・硫酸バンド* 30%減	71.5	45.3	22.7	13.4
	130		75.9	49.7	17.7	12.7

※白水についての測定結果

「リアライザーR240」添加時は、S/C前に添加している従来品のカチオン性歩留り剤との置き換えにより、歩留りが大きく向上した。更に、紙力が改善傾向にあったため、硫酸バンドとPAM系紙力剤の添加量をそれぞれ30%減添した。

その結果、紙力は維持されており、その他の紙質にも問題は見られなかった。また、カチオン要求量の値も陽転することなく余裕があったため、「リアライザーR240」の増添を試みた。

最終的に、ウエットエンド物性が全体的に向上し、各種薬剤の添加量を低減できたため、操業後半に発生していた抄き込み欠陥が減少し良好な操業状態を維持できた。

リアクティブ型歩留り剤は、シエアーを受けることにより低分子量化したポリマーが生成される。このポリマーは特殊な構造をとるため、パルプに未定着の紙力剤が吸着した微細成分を捕捉し定着させることができるので、間接的に薬剤定着性の向上に寄与したものと考えられる。

3.4 洋紙マシンにおける内添蛍光染料の定着性向上

新規に開発した水溶液タイプのカチオン性定着剤「リアライザーA1900」は、高カチオン・低分子量のリアクティブポリマーであり、マシンチェスト～種箱など紙料濃度の高い場所に添加する点では従来の凝結剤等と同じだが、リアクティブポリマー化により、インレット～白水など製紙工程の後段まで効果が持続可能なことが大きな特徴である。

D社、洋紙マシンにおける内添蛍光染料の定着性向上のために、「リアライザーA1900」を適用した例を報告する。蛍光染料はアニオン電荷が高いためパルプへの定着性が低く、添加量によっては抄紙系内のカチオン要求量が大きく上昇し、その他内添薬剤のパルプへの定着を阻害する。このことから系内のカチオン要求量の値を如何に低減できるかが重要なポイントとなる。

「リアライザーA1900」を蛍光染料添加後のマシンチェストに添加したときの実機試験結果を示す(表5)。従来品の凝結剤では、添加直後の種箱におけるカチオン要求量の低減はできているが、添加位置から少し離れた白水のカチオン要求量については添加日数に応じて上昇する傾向にある。一方、リアクティブ型の新規カチオン性定着剤「リアライザーA1900」を適用したときは、添加直後の種箱における処理だけではなく、白水のカチオン要求量の上昇も緩和されていることがわかる。また、「リアライザーA1900」を添加した際は、歩留り物性に関しても向上する傾向が確認できた。

ファンポンプやスクリーンのシエアーを受けてリアクティブ化することにより、低分子量化されたポリマーにおいてもカチオン電荷が維持されて蛍光染料の定着性向上の効果が白水等の後段工程まで持続できていることがわかる。また、この持続効果による抄紙系内の清浄化により他の内添薬剤の定着性が改善し紙面欠陥低減につながるものと考えられる。

表5 従来品凝結剤と高機能定着剤「リアライザーA1900」との効果比較

	薬剤添加量 (ppm)	添加日数	カチオン要求量(μ eq/L)				全歩留り (%)	灰分歩留り (%)
			添加前	種箱 (添加直後)	インレット	白水		
従来品 凝結剤	180 (種箱前添加)	1	39.4	30.7	27.8	25.4	80.1	53.2
		2	37.4	28.4	29.4	30.7	78.8	52.1
		3	40.3	31.5	33.4	34.5	78.3	51.7
新規高機能定着剤 リアライザーA1900	180 (種箱前添加)	1	38.9	27.6	24.7	22.1	81.2	55.3
		2	40.7	28.9	26.1	23.3	81.1	54.6
		3	37.1	26.2	25.6	24.8	80.3	54.2

4. 微生物要因の紙面欠陥に対するアプローチ

ここまでは非微生物要因の紙面欠陥低減について述べてきたが、紙面欠陥には微生物由来の成分も混在するため欠陥低減には微生物コントロール技術も重要となってくる。

弊社では、抄紙マシンの清浄化に最適な改善策を種々提案している。本報においては、微生物が関係する紙面欠陥対策として高機能スライムコントロール「キュアサイドシステム」を用いた抄紙マシン内の汚れ対策について紹介する。

4. 1 スライムコントロールシステム「キュアサイドシステム」の特徴

「キュアサイドシステム」は一般的な無機酸化系殺菌剤と同様に、次亜塩素酸ナトリウムと混合して殺菌成分を発生させる薬剤システムであるが、「無機殺菌成分」だけではなく、「有機殺菌成分」も同時に発生させることができ、この「有機殺菌成分」には大きな2つのメリットがある(図7)。

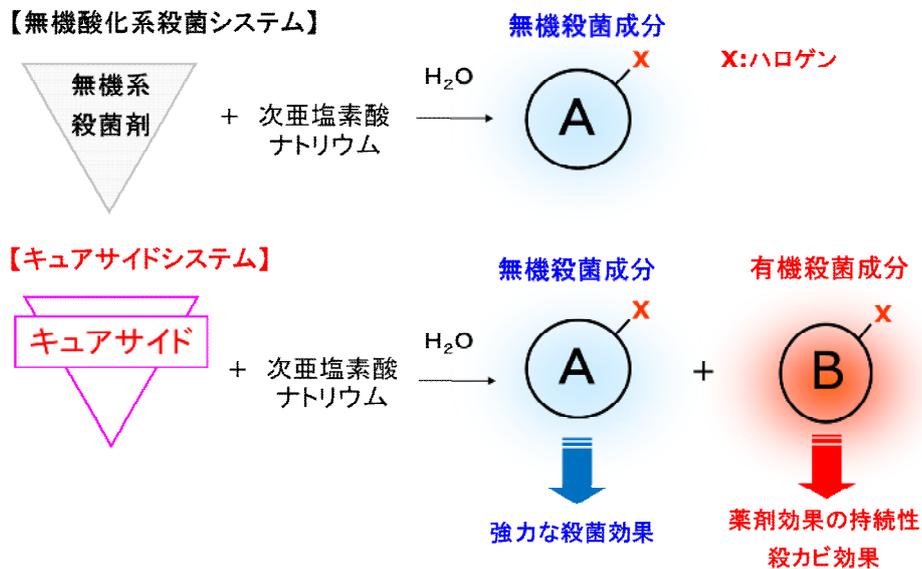


図7 キュアサイド成分の特徴

1つ目は、殺菌成分の安定性向上ができる点である。白水中に還元性物質が多く混入してきても薬剤効果を維持することができ、殺菌効果を発揮することが可能となっている。模擬的に白水中の還元性物質を増加させた場合の酸化還元電位(ORP)の推移と菌数の変化を示した(図8)。キュアサイドは還元性物質が多く存在する系内においてもORPを持続させることができ、一般的な無機酸化系殺菌システムと比較して大幅に殺菌効果を向上させることが可能である。

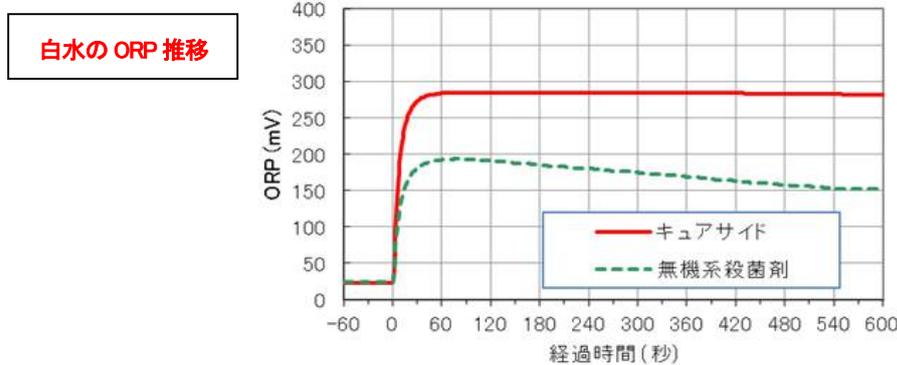


図8 白水の酸化還元電位 (ORP) の推移

2つ目は、幅広い種類の微生物を殺滅することが可能な点である。前述の通り「無機殺菌成分」と「有機殺菌成分」を同時に発生させるために、系内に存在している様々な微生物に対して薬剤効果を発揮できる。特に、一般的な無機酸化系殺菌システムが効果を発揮しにくい真菌(カビ)に対しても高い殺菌効果を持っていることから、近年の古紙配合率の増加の影響で古紙由来の澱粉が多く含まれるようになったマシン系内の殺カビ対策として非常に有効である(表6)。³⁾低添加量で効率良く系内の菌数コントロールできることが微生物の関与する紙面欠陥低減のために重要なポイントである。

表6 キュアサイドと従来品の効果比較

還元性物質濃度: 60ppm 薬剤添加量: 60 ppm	添加後10分後 微生物状況		ORP (mV) 10分後
	菌数	カビ数	
無添加	1.8×10^7	28	—
無機系殺菌剤	2.6×10^6	10	155
キュアサイド	3.3×10^3	0	282

5. まとめ

環境負荷低減の取り組みにより、今後さらに古紙配合率の増加や品質低下、マシン系内のクローズド化が進んでいくと考えられるが、そのような状況下でも紙製品の高い品質を維持できるような研究開発が重要である。本文中でも述べた通り紙面欠陥には様々な要因があり、弊社の高機能歩留り剤・多機能凝結剤からなる「アクシーズシステム」、高機能スライムコントロール剤からなる「キュアサイドシステム」を使用することで紙面欠陥を効果的に低減することができる。今後も多方面から紙面欠陥低減に貢献できるシステムを構築していきたい。

References

- 1) Koichi Tadaki, Yohei Miyoshi, Yoko Fujiwara and Kaori Sugasaki: Japan Tappi J. **72**(5)39-45 (2018)
- 2) Yohei Miyoshi, Koichi Tadaki, Kazutaka Kasuga and Miho Kato: Japan Tappi J. **73**(4)12-17 (2019)
- 3) Koichi Tadaki, Tomoko Asada, Miho Kato and Shigeru Kurose: Japan Tappi J. **60**(8)38-46 (2006)