

ウエットエンドの最適化による抄紙マシンの操業性向上

ソマール株式会社 FC プロセス部 ○但木 孝一、山路 宗利、朝田 知子、常川 謙二

Improving Runnability of Papermaking Machine through Optimization of Wet-end Operation

Koichi Tadaki, Munetoshi Yamaji, Tomoko Asada, Kenji Tsunekawa
FC Process Department, Somar Corporation

Under world-wide increasing concerns for environmental issues and as an influence of the trend toward neutrality of papermaking conditions, difficulties are being added to the paper stock situations year after year. Increased mix of deinked pulp or coated broke not only deteriorates the wet-end properties such as fiber retention and drainage and paper quality such as paper strength, sizing, etc., but also is responsible for stain troubles in papermaking equipment. Countermeasures against stain on a papermaking machine are currently one of the major problems for improving productivity and runnability. In a papermaking machine system, slime troubles due to microorganisms and foreign matters such as pitches, anion trashes, etc. are sources of stain in correlation each to the other. It is believed therefore that a possibility would be accomplished for improvements of productivity and runnability by totally addressing these matters together and by undertaking rapid and adequate action therefor.

By utilizing the know-how accumulated over years for handling microorganisms with a slime controlling agent as the center item and the experience relative to “Realizer” as a wet-end improver which addresses foreign matters such as pitches and anion trashes, we are making various proposals for countermeasures against stain troubles in a papermaking machine addressed totally and analyzed as a comprehensive matter.

1.はじめに

世界的な環境問題に対する関心の高まりや抄紙条件の中性化による影響でパルプ原料事情は、年々厳しさを増している。中でもDIPやコートブロークの配合量増加は、歩留り、濾水性等のウエットエンド物性や紙力、サイズ度等の紙質の低下を引き起こすばかりでなく、抄紙マシンの汚れトラブルを生じる要因にもなっている。この様な生産性、操業性低下の歯止めとして、様々な薬剤が過剰に添加される傾向にあり、更なる抄紙マシンの汚れトラブルを引き起こすという悪循環をもたらしている。また、中性抄紙化に伴い微生物によるスライムトラブルの増加や硫酸バンドの効果低下によるピッチ、アニオントラッシュ等の夾雑物の系内への蓄積が増加している。現在、抄紙マシンの汚れ対策は、生産性、操業性向上にとり大きな課題の一つになってきている。抄紙マシン系内では、微生物によるスライムトラブル

とピッチやアニオントラッシュ等の夾雑物は相互に汚れの原因となっており、これらをトータルの捉え、迅速に且つ適切な処理を施すことにより生産性、操業性の向上が可能になると考えられる。

我々は、長年培ってきたスライムコントロール剤を中心とする微生物対策のノウハウとピッチ、アニオントラッシュ等の夾雑物を効率的に捕捉するウエットエンド改質剤「リアライザー」の経験を活かし、抄紙マシンでの汚れトラブルをトータルの捉え、且つ総合的に分析することによる改善策を種々提案している。

2. 抄紙マシンの汚れ問題と対策

抄紙マシンの汚れ問題は、生物的生成物、無機物、有機物の3系統に分類される。それぞれのトラブルに対して、スライムコントロール剤、スケールコントロール剤、ピッチコントロール剤で対処されるのが一般的である。しかしながら、これらの薬剤の効果が最大限に引き出されている環境は非常に少ない。また添加される薬剤の種類の増加に伴い、その添加薬剤の管理方法の見直し等も必要とされている。弊社の提案する抄紙マシンの汚れ対策は、図1に示すように微生物的な汚れ対策としてのスライムコントロール剤と無機、有機的な汚れ対策としてのリアライザーとを組み合わせ、新規管理システム「R.M.S.(リアルモニタリングシステム)」によりウエットエンドをトータルの改善することを目的としたものである。

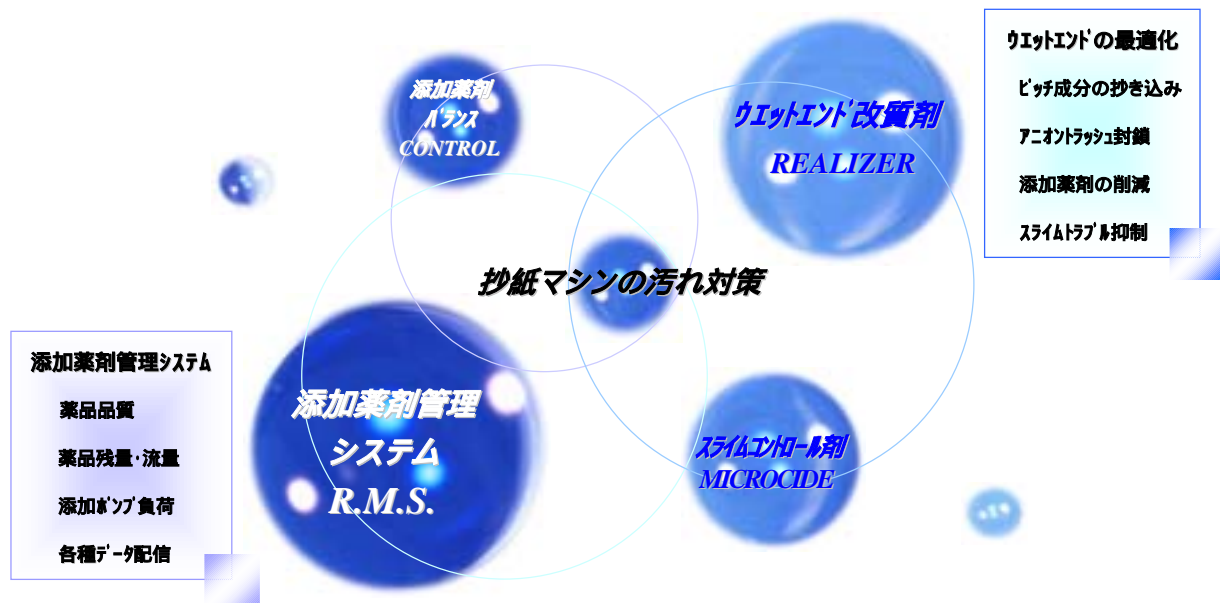


図1 ウエットエンドの最適化による抄紙マシンの汚れ対策

2.1 スライムトラブル対策

近年の抄紙工程は、クローズドシステムの導入により白水循環率が向上し、生物の栄養源が豊富になったため、スライムトラブルが増加している。更に抄紙マシン速度が向上しているために、僅かな付着物でも脱落することにより問題を生じやすくなっている。我々は、「スライムコントロール剤・マイクロサイド」と新しい薬剤管理システム「R.M.S.(リアルモニタリングシステム)」との組み合わせによりスライムコントロール剤の効果を最大限に引き出し、最小限のコストでマシンの操業性、生産性を向上させる取り組みを行っている。

2.2 スケールトラブル対策

アルミニウムやカルシウム等が原因で引き起こされるスケールトラブルは、中性抄造化が進むにつれ増加している。中性抄造下での硫酸バンドは、水酸化アルミニウムのスケールトラブルを引き起こす要因になっている。また、填料として添加される炭酸カルシウムを溶解し、硫酸カルシウムスケールトラブルを発生させるばかりでなく、填料歩留りの低下を招くことになり操業性や生産性に大きな影響を及ぼすことになる。我々は、スケールトラブル解決のためには、リアライザーの添加による硫酸バンドの添加量最適化や填料歩留りの向上等のウエットエンドの最適化が必要不可欠なものと考えている。

2.3 ピッチトラブル対策

DIPなどの故紙やコートブローク等の配合量増加に伴い、マシン系内でのピッチトラブルも増加している。ピッチトラブルを回避する一つの手法として、ピッチ原因物質が系内で凝集する前段階で紙に抄き込み、マシン系外へ排出させることがあげられる。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「ウエットエンド改質剤・リアライザー」である。図2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。リアライザーは、ピッチ成分の定着性向上に加え、添加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。

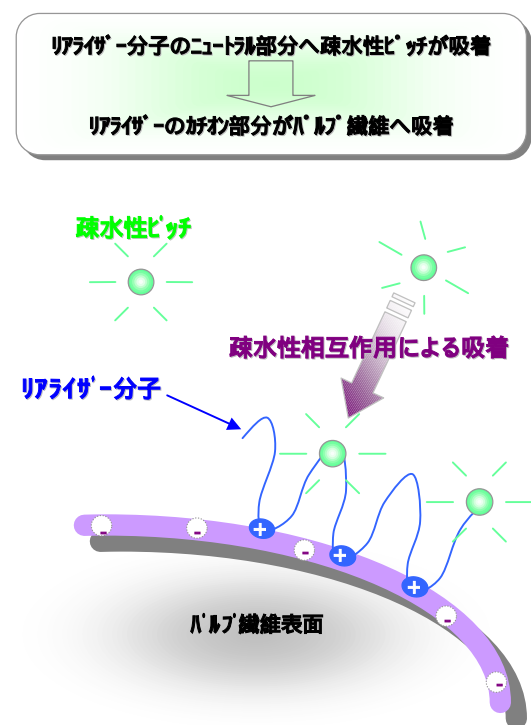


図2 疎水性ピッチのパルプ繊維への定着メカニズム

2.4 ウエットエンドの制御

弊社のR.M.S.(リアルモニタリングシステム)は、添加薬剤の管理システムである。通信機能を利用し、製紙工場内及び弊社へのデータ配信が可能である。日々の薬剤管理や異常発生時の対応が迅速に行なえる。弊社では、各マシンの各トラブルに対しての最適な薬剤の選定とそれら添加薬剤の最適な管理を一つのシステムとしてウエットエンドをトータル的に改善していけるように取り組んでいる。

3. 「スライムコントロール剤・マイクロサイド」による汚れ対策

抄紙工程中の斑点、かす穴、断紙等の生じる原因として微生物による凝集物（スライム）の発生が一つの要因としてあげられる。この場合、トラブル回避の手段として殺菌剤の投与が一般的に行われている。従来は生菌数が汚染の極めて重要なパラメーターとして扱われており、この生菌数の低減が最も重要な項目として考えられてきた。

マシン系内に存在する全ての微生物種がスライムトラブル発生を促進するとは考えにくく、全生物の壊滅を最終的な目標とした防除方法には、コストの高騰、非効率等の問題が付きまとう。弊社では、二重蛍光生体染色法を用いた「*in vitro*スライム形成法」により抄紙系内で、どの微生物種が付着物形成に大きな関与を与えるものかを明らかにし、防除対象となる微生物を特定し、効率的なトラブル回避を可能としている。また、斑点等の分析手法として、斑点上に付着した微生物を培養することにより検出するのではなく、PCR(Polymerase Chain Reaction)法によりDNAとして検出し、そのDNAを分析することにより原因微生物の特定を可能としている。

3.1 *in vitro*スライム形成法によるトラブル診断

白水から内在する微生物を単離し各条件で培養後、蛍光二重生体染色を行い、蛍光顕微鏡でB励起波長観察を行った(図3)。セルロース無添加の状態では極めて小さい凝集物しか認められなかったのに対し、セルロースを添加した場合、セルロースを抱き込むような形態で巨大なスライムの成長が認められた。このようにセルロース繊維を凝集させ、巨大化していく微生物がスライムの発生に大きく関与しているものと考えられ、この結果を前提に殺菌剤による微生物防除を行うことにより効率的な操業が達成される。

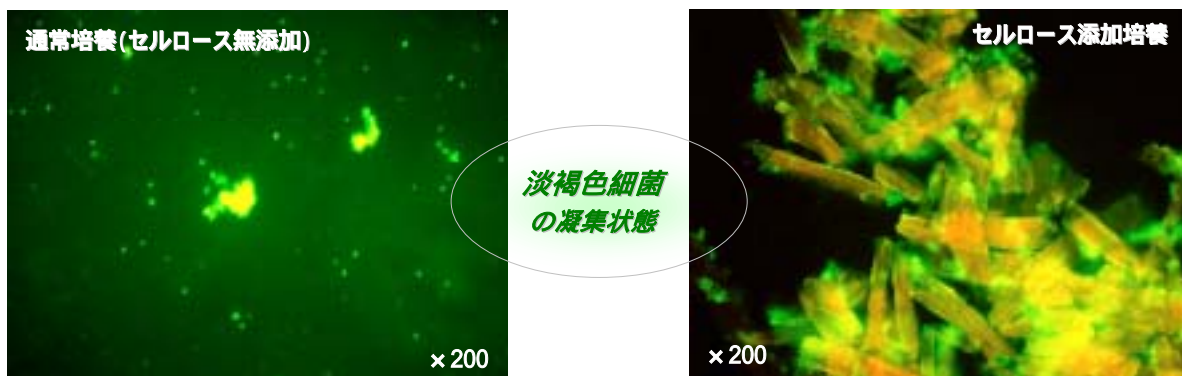


図3 蛍光顕微鏡観察写真(B励起波長観察)

3.2 DNA解析による診断技術

従来の機器分析を主体とした分析技術を用いた斑点等の分析手法において、具体的に原因微生物が細菌であるのか糸状菌であるのか、あるいはどの菌種に由来するものなのか判定することは、極めて困難を伴う作業であった。また、かす穴が検出された抄紙物は既に乾燥工程を経由しているため内在する微生物の多くは死滅しており、従来の培養法で検出することが不可能である。そこでPCR法によるDNA増殖を試み、かす穴の分析を行った結果を図4に示した。分析に用いた4種類のかす穴の中で、2種類のサンプルでDNAの増幅が顕著に見られた。従ってこれらの

サンプルが微生物付着により発生したかす穴で、使用したプライマーの特異性から糸状菌に由来するものと判断された。

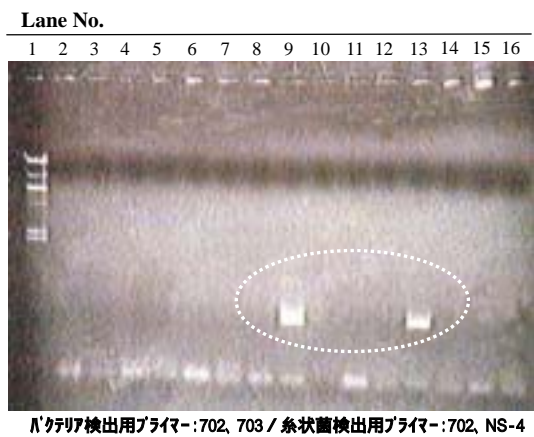


図4 DNA画分電気泳動結果

Lane No.	分析対象	使用プライマー
1	分子量マーカー(-Hind)	-
2	かす穴 シート:かす穴周辺部	702 + NS-4
3	かす穴 シート:かす穴周辺部	702 + 703
4	かす穴 シート:正常部	702 + NS-4
5	かす穴 シート:正常部	702 + 703
6	かす穴 シート:かす穴周辺部	702 + NS-4
7	かす穴 シート:かす穴周辺部	702 + 703
8	かす穴 シート:正常部	702 + 703
9	かす穴 シート:かす穴周辺部	702 + NS-4
10	かす穴 シート:かす穴周辺部	702 + 703
11	かす穴 シート:正常部	702 + NS-4
12	かす穴 シート:正常部	702 + 703
13	かす穴 シート:かす穴周辺部	702 + NS-4
14	かす穴 シート:かす穴周辺部	702 + 703
15	かす穴 シート:正常部	702 + NS-4
16	かす穴 シート:正常部	702 + 703

4. 「ウエットエンド改質剤・リアライザー」による汚れ対策

近年、各抄紙マシンにおいて様々な汚れ問題が発生している。特にピッチによる汚れトラブルは、操業性の悪化や製品品質にまで影響を及ぼす重大な問題である。リアライザーを添加することにより、品質に影響の無いようにピッチ成分を紙に抄き込み、系外に排出することが可能である。ここではD I P、コートブローク、板紙(ライナー)の3系統で汚れ対策を目的として行なったテーブル試験の結果を報告する。

4.1 D I P由来のピッチ対策

D I Pの配合率増加に伴い、スクリーニング強化等のマシンサイドでの対策が取られているが、紙質に影響を及ぼすようなピッチトラブルは増加する傾向にある。特に抄紙マシンに一旦付着したピッチが、紙上に脱落し再転移すると深刻な問題である。そこで系内に混入したピッチ原因物質を早い段階でパルプ繊維へ定着させることを前提に、以下のテーブル試験を行った。



図5 試験に使用したDIPスラリー物性及びピッチ成分分析結果

図5に示すD I PスラリーにREALIZER-2200を添加した際の系内の疎水性ピッチ成分の挙動とウエットエンド物性値を表1に示した。コントロールと比較してREALIZER-2200を300ppm添加した系は、系内のピッチ成分のパルプ繊維への定着性が6.9%向上した。またカ

チオン要求量、ゼータ電位、濁度の変化が顕著に見られた。これはリアライザーの添加によりウエットエンドでの電荷的な改善が施され、ピッチの定着性が向上したものと考えられた。

4.2 コートブローク由来のピッチ対策

コートブローク中には、塗工カラー成分としてのラテックスやデンプン等のマシン汚れの要因となる物質が多量に含まれている。特にラテックスによるホワイトピッチは、炭酸カルシウム等と一緒に凝集し粗大化するため、何らかの対策が必要と考えられる。図6に示すコ



図6 試験に使用したコートブロークスラリー物性及びピッチ成分分析結果

ートブロークスラリーにREALIZER-1100を添加した際の系内の疎水性ピッチ成分の挙動とウエットエンド物性値を表1に示した。コントロールと比較してREALIZER-1100を500ppm添加した系は、系内のピッチ成分のパルプ繊維への定着性が62%向上した。また濁度、灰分歩留りの向上が顕著に見られた。これはリアライザーの添加により電荷を持たない疎水性ピッチ成分のパルプ繊維への定着性が向上したものと考えられた。

4.3 ライナー系由来の粘着性ピッチ対策

ライナーマシンでは、使用される故紙の影響で粘着性ピッチトラブルが発生しやすい。図8にライナーマシンのドライヤーに付着した物質の写真とその成分分析結果を示した。2-エチルヘキシルアクリレートや酢酸ビニルと言った粘着性物質が検出された。この粘着性ピッチの対策として、図7に示すライナー系パルプスラリーにREALIZER-2200を300ppm添加



図7 試験に使用したライナーパルプスラリー物性



図8 ライナーマシンのドライヤー付着物写真及び成分分析結果

して行なったテーブル試験結果を表1に示した。コントロールと比較して、系内のピッチ成分のパルプ繊維への定着性が約50%向上した。これは、粘着性ピッチ成分をリアライザーの疎水基部分を介した疎水性相互作用によってパルプ繊維へ定着させたためと考えられた。

表1 REALIZERによる各パルプスラリーのピッチ対策

薬剤及び測定項目	DIPスラリー		コートブロークスラリー		ライナーパルプスラリー		
	コントロール (DIP)	REALIZER -2200	コントロール (コートブロー)	REALIZER -1100	コントロール (ライナー系)	REALIZER-2200	
REALIZER (ppm)	-	300	-	500	-	300	300
硫酸バンド (%)	0.3	0.3	-	-	2.0	2.0	1.4
紙力剤 (%)	0.1	0.1	-	-	0.3	0.3	0.21
サイズ剤 (%)	-	-	-	-	0.2	0.2	0.18
歩留剤(ppm)	150	150	-	-	-	-	-
ピッチ成分定着性向上率 (%)	-	69.0	-	62.0	-	31.3	49.2
カチオン要求量低減率 (%)	-	21.7	-	11.1	-	21.2	9.1
ゼータ電位変化率 (%)	-	22.3	-	17.7	-	14.9	21.8
濁度低減率 (%)	-	66.0	-	70.6	-	3.7	9.3
全歩留り (%)	56.1	59.8	49.5	88.0	87.3	88.2	87.5
微細繊維歩留り (%)	41.3	46.2	31.8	83.8	77.7	78.7	78.0
灰分歩留り (%)	23.4	34.1	29.0	84.0	60.6	64.2	62.6
濾水性向上率(%)	-	21.9	-	-	-	11.9	13.8

向上率、低減率、変化率は、各コントロールとの比較値

5. 各種ウェットエンド薬剤の最適化

ウェットエンド薬剤の多くは、過剰添加によりマシン系内の汚れの原因になる。特に比較的添加量の多い硫酸バンド、紙力剤、サイズ剤等は問題になりやすい。

分子量、分子量分布、カチオン化度を最適化したリアライザーの添加により、これらのウェットエンド薬剤の添加量を最適化し、抄紙マシン汚れの要因を減らすことが可能である。(図9)

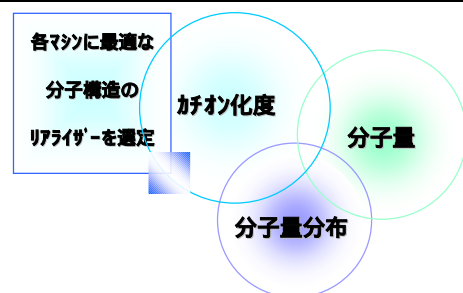


図9 最適なリアライザーの選定

5.1 各種ウェットエンド薬剤の最適添加量

ライナー系パルプスラリー(表層)にREALIZER-3100を350ppm添加し、各種ウェットエンド薬剤を削減した際の各物性値のコントロールとの比較値を図10に示した。硫酸バンド30%、紙力剤30%、サイズ剤20%を同時に削減し、ウェットエンド物性とシート物性を向上させることができた。これはリアライザーにより、紙力剤、サイズ剤のパルプ繊維への定着性が向上したためと考えられる。また作製したハンドシート表面のSEM-EDX測定結果を図11に示した。シート上の黒色斑点部と正常部の各金属元素の重量濃度を比較すると、

いずれも正常部の値が高くなっていることが分かる。このことよりシート表面に生じた斑点は、系内で炭酸カルシウム等の填料を取り込みながら凝集したものではなく、大きな異物として系内に混入したものが原因であると考えられた。また斑点部の炭素の質量濃度が正常部より高く、有機物由来の斑点であることが示唆された。この斑点部のPy/GC-MS分析を行なった結果、2-エチルヘキシルアクリレート等の粘着物由来の物質が検出されたため、故紙原

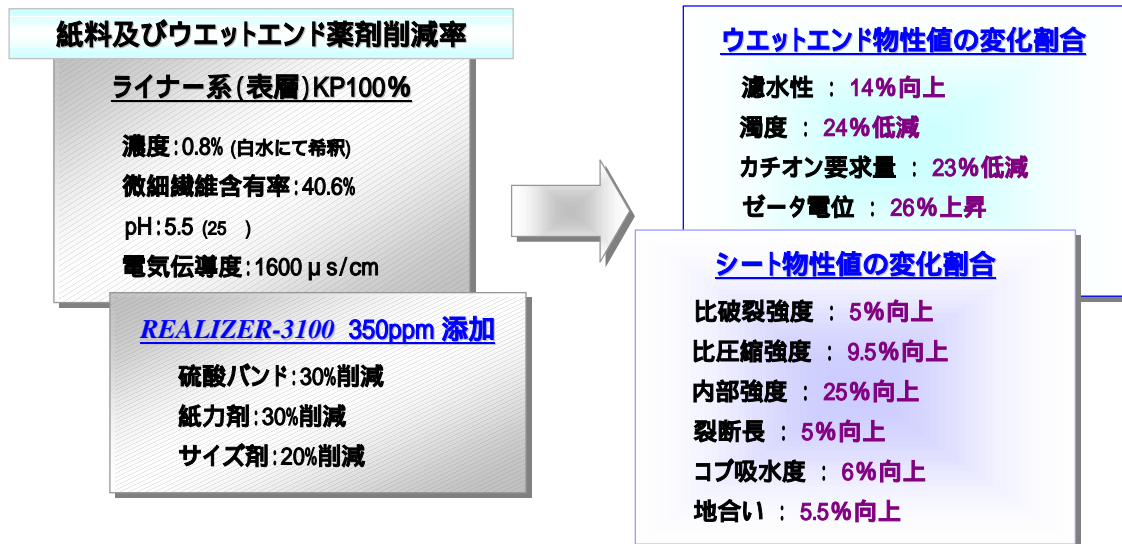


図10 リアライザーによる各種ウエットエンド薬剤の削減

料から持ち込まれる粘着性異物が原因であると推察された。この様にトラブルの原因を明らかにし、次のステップとして最適な添加薬剤を選定することが、ウエットエンドの最適化において最も重要なことである。

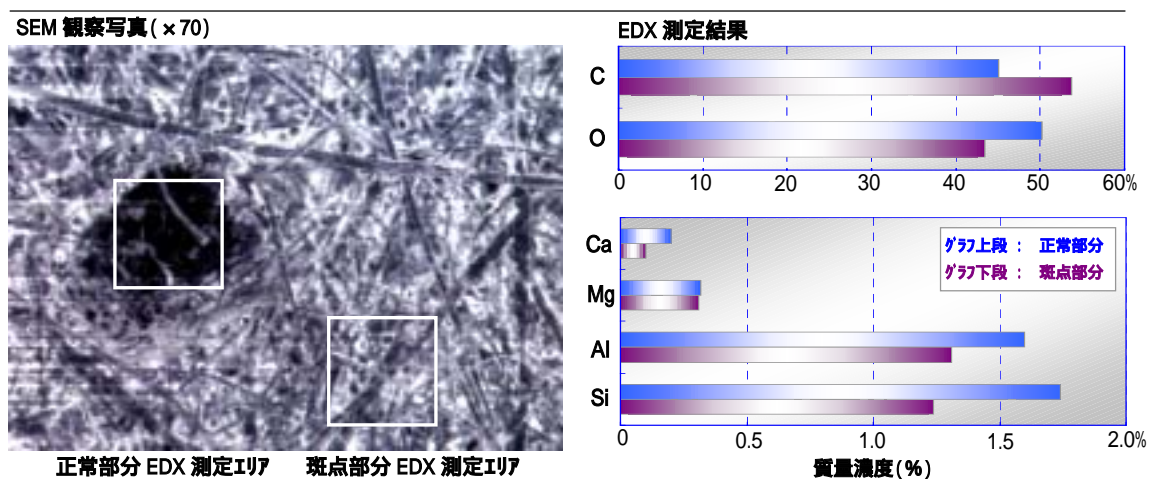


図11 シート表面のSEM観察写真及びEDX測定結果

5.2 各種薬剤の添加制御

各種薬剤の添加管理は抄紙マシンの操業性や生産性に影響し、これらの管理をシステム化することにより管理費用の削減や安定した操業性を維持できる。一例としてスライムコントロール剤

のモニタリングシステムの概要を図 1 2 に、製紙工場内に設置した状態の写真を図 1 3 に示した。

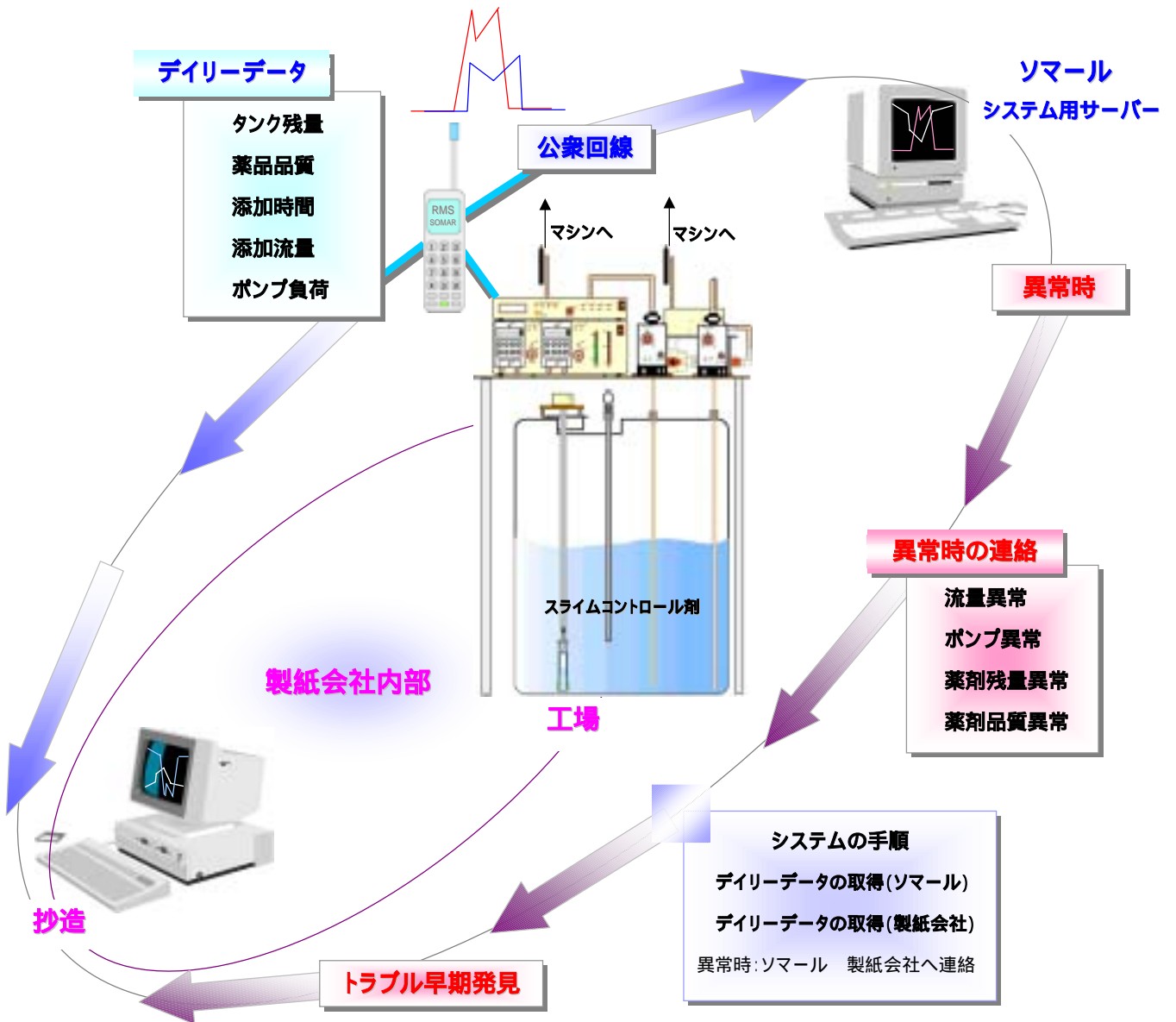


図 12 R.M.S.(リアルモニタリングシステム)によるスライムコントロール剤の管理



図 13 R.M.S.(リアルモニタリングシステム)製紙工場内設置状態

R.M.S.(リアルモニタリングシステム)は、スライムコントロール剤の添加の状況(薬剤残量、添加流量、薬剤品質、ポンプ負荷等)をモニタリングすることにより、添加の有無によるトラブルを早期に発見し、顧客に連絡するシステムである。また、スライムコントロール剤の中には劇毒物や危険物が含まれているものもあり、管理には多くの困難を生じる。これらの管理の一部をシステム化することにより危険性の高い作業を少なくすることが可能である。

6. まとめ

各抄紙マシンの汚れ問題を総合的(生物的、有機的、無機的)に分析し、最適な薬剤を選定することにより、操業性、生産性を向上させることができる。またR.M.S.(リアルモニタリングシステム)を導入することにより各種薬剤の管理をシステム化し、最小限のコストで最大限の薬剤効果を引き出すことが可能になる。

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) Roland Berger 平成 13 年度紙パルプ年次大会講演要旨集、489(2001)
- 3) 加藤雅人、磯貝明、尾鍋史彦 平成 11 年度紙パルプ研究発表会講演要旨集、148(1999)
- 4) Peter D. Buikema 紙パルプ技協誌 50、(7)、49 (1996)
- 5) 「新実験化学講座 Vol.6」、丸善株式会社
- 6) 「最新抄紙技術」、製紙科学研究所
- 7) 「THE MICROBIAL WORLD」、培風館
- 8) 「Zeta Potential 微粒子界面の物理化学」、サイエンティスト社
- 9) 「有機化合物のスペクトルによる同定法」、東京化学同人