

ウェットエンドの最適化による抄紙マシンの操業性向上 その2

ソマール株式会社 製紙薬品本部技術開発部 ○ 谷口 昌、但木孝一、山路宗利、黒瀬 茂、常川謙二

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

Masa Taniguchi, Koichi Tadaki, Munetoshi Yamaji, Shigeru Kurose, Kenji Tsunekawa
Chemicals for Pulp&Paper Div. Technical Dept., Somar Corporation

Diversification of recycle fiber sources and concern on environmental issues in paper industry in recent years makes papermaking operation more troublesome. Common use of Alum in acid papermaking has been reduced due to the trend in neutral conversion and scale deposition. Further improvement in wet-end operation and cost reduction are the subject of total machine operation. In particular use and effectiveness of various wet-end chemicals are under consideration.

Deterioration of raw material quality influences both machine runnability and paper quality. It is difficult to achieve required objectives by a simple chemical application. It is common that one quality improvement may cause other properties to suffer. Due to complexity of the problem, the system using multiple chemicals rather than single chemical gives more realistic solution.

The presentation last year entitled “Optimization of Wet-end Operation by Realizer” demonstrated problem solving approach from the analysis of machine deposit resulting from biological, inorganic and organic materials. Somar's long history on biocide application, and wet-end improvement by effectively capturing pitch and anionic trash, and observing scale deposition and foam formation, allows new proposal ; total deposit control system.

1. はじめに

近年、環境に対する関心の高まりから古紙の大量使用が進み、歩留り・濾水・紙力など紙質に影響を与えるだけでなく、マシンの汚れなどマシンの操業性にも大きな影響を与えている。また、中性抄紙化への転換と過剰添加によるスケール問題などから、これまで酸性抄紙で大量に使用されてきた硫酸バンドは、使用量が減少してきているのを始めとし、使用薬剤の大幅な見直しが行われている（図1）。

このような状況下でマシンの操業性・生産性の改善という課題を解決するためには、マシンで起きている現象について使用薬剤とパルプとの相互作用を化学的・物理的に捉え、的確に分析することが必要である。まず問題の原因をあらゆる分析手法で調査し、さらに原因の

物理・化学的相互作用を見極め、薬剤の添加を行う事が重要になってきている。

先に述べたように古紙に由来する原料の悪化は、マシンの操業性と品質に大きな影響を与えるようになってきている。そのため単純な薬剤効果のみでは要求課題の解決が困難になってきている。操業性向上と品質は相反する性質であり、一方の物性が良くなれば他方の物性が悪くなることが多く、共に向上させることは困難である。このように原料事情が悪化しマシン環境が複雑化し続ける中、抄紙マシンの操業性と紙品質との相反する問題の解決には、システム的な薬剤の添加が必要となってきている。

我々は昨年、「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」と題して、特にマシンの汚れを微生物・無機物・有機物の観点から、その分析と課題解決のための提案を行った。今回、我々は長年培ってきたノウハウを活かし、微生物対策法とピッチ・アニオントラッシュ等の夾雑物を効果的に捕捉するウエットエンド改質法、さらにスケールや起泡等による操業性の改善方法まで含めたトータルデポジットコントロールシステムの紹介を行う。

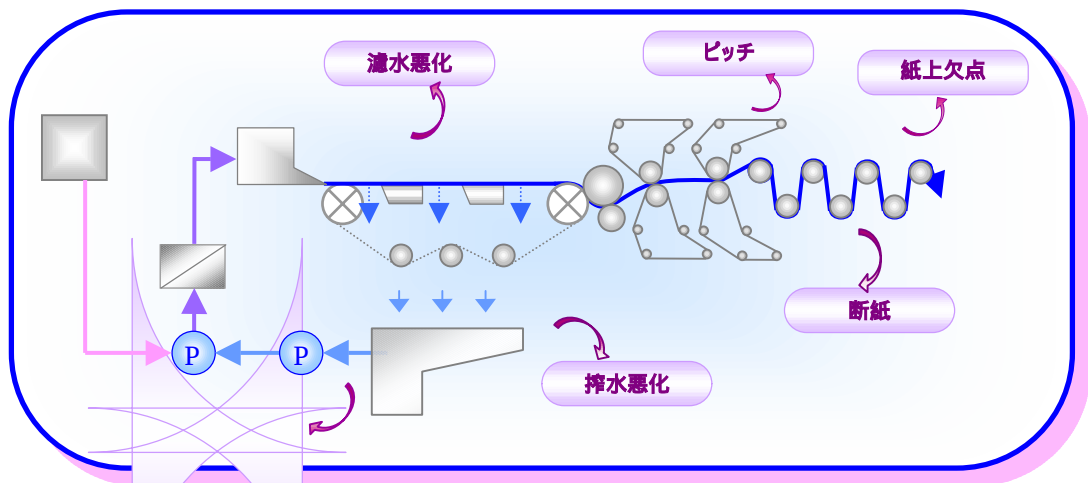


図1 抄紙工程でのトラブルとそのトラブル発生箇所

2. 抄紙マシンの汚れ問題と「トータルデポジットコントロールシステム」

操業性の向上のためには、抄紙マシン系内での汚れ防止は不可欠であり、状況に対し正しい判断が重要である。ピッチ・欠点トラブルは様々な要因（微生物によるスライム・系内の化学物質の相互作用によるピッチやアニオントラッシュ・起泡による凝集）で発生し、これらをトータル的に捉え、迅速に且つ適切に処理することが操業性向上につながる（図2）。



図2 抄紙マシン汚れに対する分析手法

弊社の提案する抄紙マシンの汚れ対策は、DNA 解析法・SEM/EDX・ガスマス法を始めとした分析手法により汚れ原因を大別し、システムの決定を行う。更に、システム毎に詳細な状況分析を行い、効果を最大限に発揮する薬剤・添加方法・装置を組み合わせたシステムを提案している。

アニオントラッシュやピッチ成分など系内の化学物質の相互作用によって生じたウェットエンド問題に対して「アクシーズシステム」を今回提案する。「アクシーズシステム」は各マシンの状況分析を行い、それぞれの状況に応じた薬剤・添加方法（場合によっては既存使用薬剤見直し、複数薬剤使用）を行うシステムであり、最終的にはトータルコストダウンを目的にした操業安定化システムである。

泡など物理的要因への対策としては、消泡剤「ソマソルブ」と効果的な薬剤添加を行うための自動添加制御装置「ソマエアーP」を開発した。

また、微生物に対する対策としては殺菌剤「ミクロサイド」添加最適化方法に加え、前報で提案した R.M.S.（公衆回線で通信し、リアルタイムで薬剤の添加管理を行うシステム）を利用した CP チューブ汚れ対策 R.M.S.を加えたシステム化を行い運用している。

問題に応じた薬剤およびシステムを選択し、R.M.S.により薬剤管理をリアルタイムで行うことにより様々な要因に対応できる「トータルデポジットコントロールシステム化」を進めている（図3）。

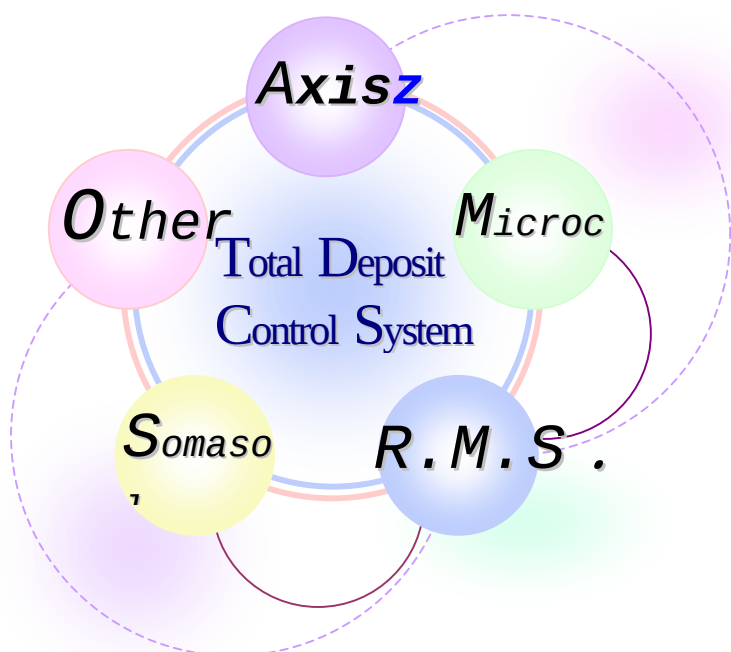


図3 トータルデポジットコントロールシステム

3. 「改質剤・リアライザーAシリーズ」の効果

リアライザーAシリーズを高濃度紙料に添加することにより、アニオントラッシュやピッチ成分及び各種薬剤のパルプ繊維への定着性を向上させることができる。特にピッチトラブルの対策として、系内のピッチ成分を早期段階でパルプ微細繊維へ定着させ、マイクロフロックを形成し、紙に抄き込み系外へ排出することができる（図4）。また、リアライザーAシリーズは、水分子とパルプ繊維の結合を防止する働きがあり、フロックの水分子の保持を低く抑えることができるため搾水性・乾燥効率の向上が可能となる。ここではDIP関連の試験結果を報告する。

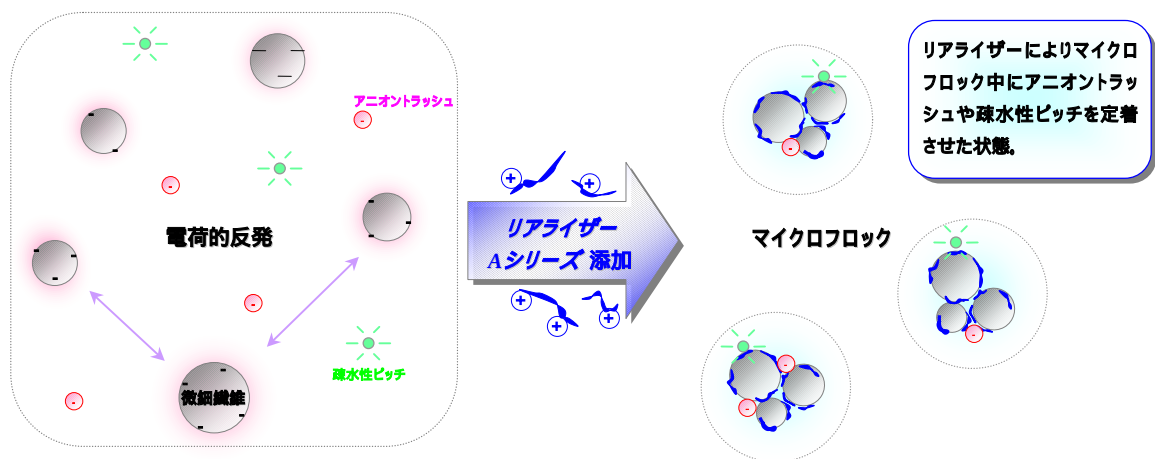


図4 リアライザーAシリーズによるピッチ成分の抄き込みメカニズム

3.1 「リアルライザーAシリーズ」によるテーブルテスト実施例

近年、雑誌古紙等のDIPの配合が増加し、酢酸ビニル等の粘着性ピッチトラブルが多発している。このようなトラブルを改善するには、粘着性ピッチトラブルの原因物質が系内で凝集し大きく成長する前段階で、パルプ繊維に定着させ系外へ排出させる必要がある。

そこでリアルライザーAシリーズを高濃度紙料（DIP原料）に添加し、その後白水で希釈した際の系内のピッチ成分の挙動及び物性を調査したテーブル試験結果を表1に示した。**REALIZER-A2200**を300ppm添加した際、疎水性ピッチ成分のパルプ繊維への定着性が最大46.6%向上した。更に灰分歩留りや濾水性の向上が見られた。

表1 リアライザーAシリーズの効果

	コントロール	リアルライザー添加系	
REALIZER-A2200 (ppm)	0	300	300
硫酸バンド添加量 (%)	3.5	3.5	2.5
ピッチ成分定着性向上率 (%)	-	46.6	28.8
カチオン要求量低減率 (%)	-	28.6	9.5
濁度低減率 (%)	-	25.0	13.6
全歩留り (%)	61.1	62.4	62.7
微細繊維歩留り (%)	44.6	46.4	46.8
灰分歩留り (%)	26.5	29.2	30.0
濾水性向上率 (%)	-	17.5	15.6
向上率、低減率は、コントロールとの比較値			

3.2 「リアルライザーAシリーズ」による実機テスト実施例

抄紙マシンのワイヤー・プレス・ドライヤーの各パートや配管等において、様々なピッチトラブルが多発している。特に粘着性ピッチの抄紙マシンへの付着は、操業性・生産性に影響を及ぼす深刻な問題である。

A社新聞マシンで起きていたDIP由来の粘着性ピッチトラブルをREALIZER-A2200で改善した実機試験実施例を紹介する(図5)。このマシンはプレスパートでのセンターロール汚れが課題で、外添ピッチコントロール剤でプレスパートの汚れを低減させるとドライヤーパートの汚れが悪化し、根本的な解決に至らなかった経緯を持っている。REALIZER-A2200をマシンチェストに100ppm添加したところ、ピッチ成分のパルプ繊維への定着性が42%向上し、ワイヤー・プレス・ドライヤーの各パートでの汚れが顕著に低減した。それと同時に歩留りの向上も見られ、特に灰分歩留りは、ブランク時と比較して最大27%向上した。このように、その原因物質を出来るだけ早い段階で処理すれば、抄紙マシンの操業性を大幅に向上させることができる。

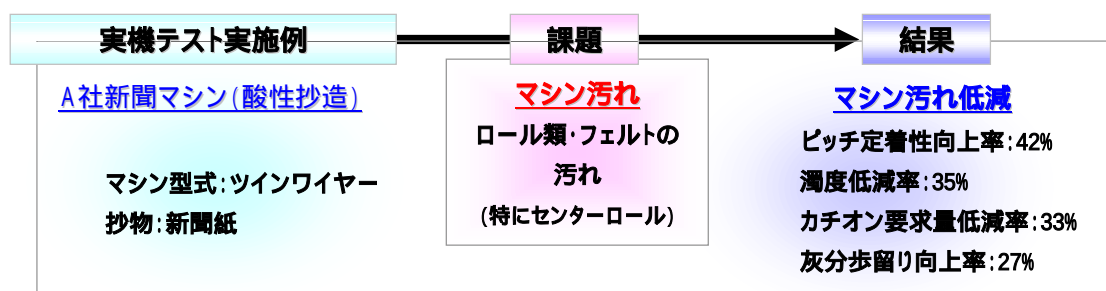


図5 REALIZER-A2200 実機試験実施例

4. 「アクシーズシステム」の構成

弊社の開発した「アクシーズシステム」は、ウェットエンド改質剤「リアライザーAシリーズ」とリテンション改質剤「リアライザーRシリーズ」の2種類のカチオン性ポリマーを中心とし、更にアニオン性ポリマーである地合い向上剤「レクサーシリーズ」を加えた3薬剤から構成されるシステムである(図6)。これまでデュアルシステムは、カチオン性凝集剤とアニオン性の無機物(ベントナイトやコロイダルシリカ)を組み合わせたマイクロパーティクルシステムが多くの実績を持っていることで知られているが、無機物を多く使用するためスケールトラブルなど問題点も多い。アクシーズシステムは、3薬剤の組み合わせにより様々なトラブルに対応できるのが特徴である。デュアルカチオンタイプは、抄紙マシンの汚れ対策として効果的であるのに対して、カチオン・アニオンデュアルポリマータイプは、抄紙速度や歩留り及び地合いの向上に対して効果的である。更なる品質と生産性向上をターゲットにする際にトリプルポリマータイプを推奨している。

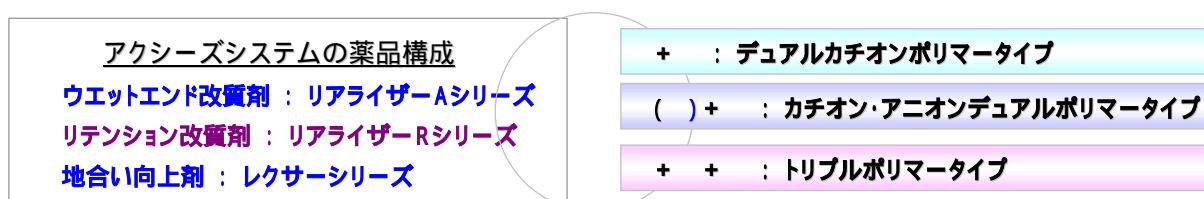


図6 アクシーズシステムの構成

4.1 デュアルカチオンポリマータイプ

DIP・コートブローク・メカニカルパルプ・古紙等は、アニオントラッシュやピッチ成分を多量に含み、抄紙マシンの汚れを発生させる大きな要因になっている。アクシズシステムのデュアルカチオンタイプの添加位置と特徴を図7に示した。高濃度紙料へウエットエンド改質剤「リアライザーAシリーズ」を添加し、アニオントラッシュやピッチ成分の処理を行う。更にファンポンプ以降にリテンション改質剤「リアライザーRシリーズ」を添加し、確実に汚れ原因物質をパルプ繊維に抄き込むことにより、抄紙マシンの汚れを低減させることができる。また、サイズ剤や紙力剤などの各種ウエットエンド薬剤の定着性も向上するため、添加薬剤の削減が可能である。

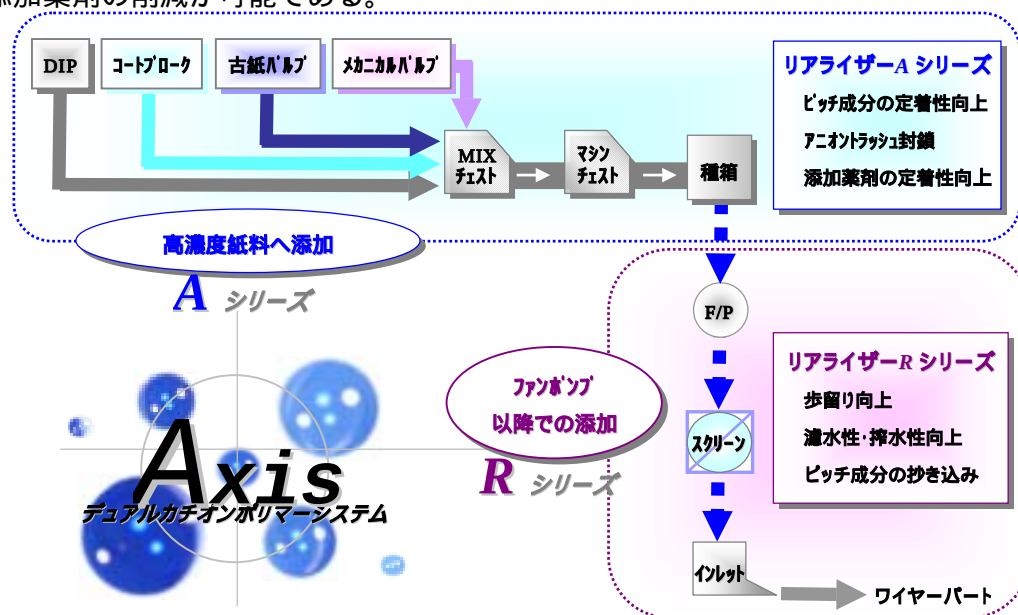


図7 デュアルカチオンポリマータイプの添加位置と特徴

4.2 コートブローク配合中性上質紙料におけるテーブルテスト実施例

コートブロークを20%配合した中性上質紙料にアクシズシステムのデュアルカチオンポリマータイプを適用したテーブルテスト結果を図8に示した。

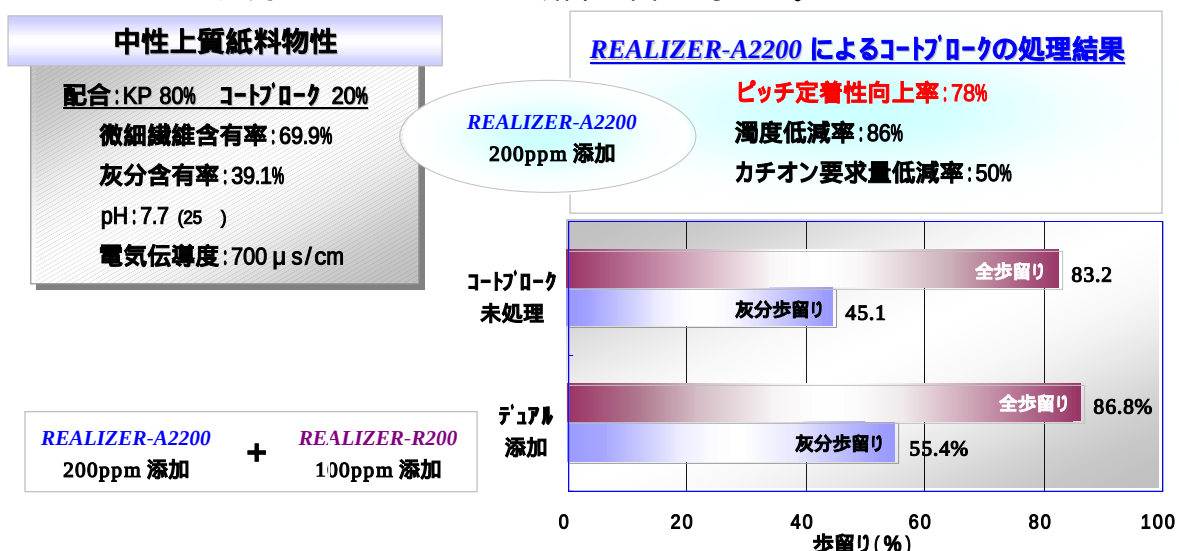
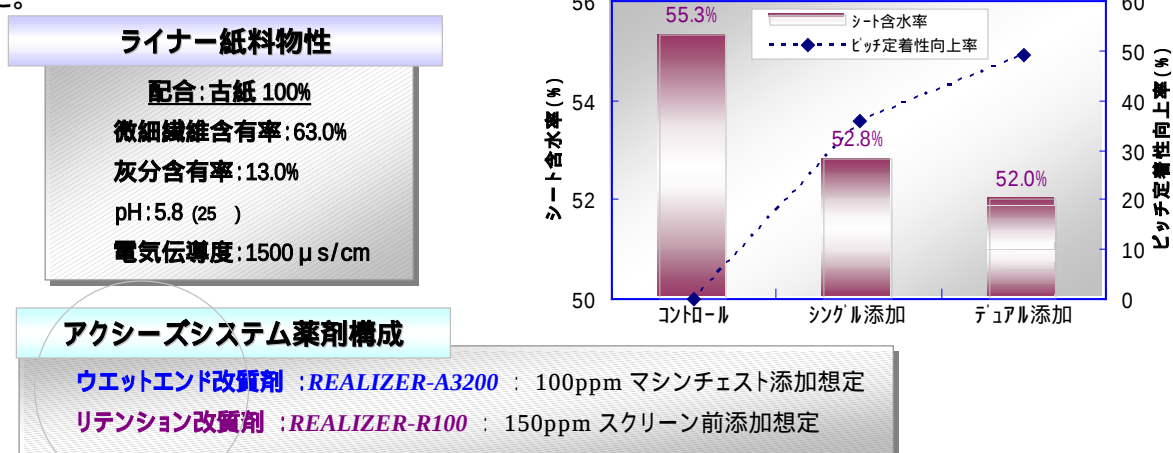


図8 コートブローク配合中性上質紙料におけるテーブルテスト結果

ここでは、ウェットエンド改質剤：REALIZER-A2200でコートブローの前処理を行い、スクリーン前(想定)にリテンション改質剤：REALIZER-R200を添加した。REALIZER-A2200を200ppm添加した際、疎水性ピッチ成分のパルプ繊維への定着率は78%向上し、濁度は86%低下した。このことから、REALIZER-A2200の添加により、ホワイトピッチが効率良くパルプ繊維に定着したものと考えられる。更にREALIZER-R200のみの添加とデュアル添加を比較した場合、デュアル添加では全歩留り・灰分歩留りが向上したことから、コートブローでの処理の重要性が認められた。

4.3 ライナー紙料におけるテーブルテスト実施例

古紙由来の粘着性ピッチトラブルの改善と搾水性向上を目的として、ライナー紙料にアクシーズシステムのデュアルカチオンポリマータイプを適用したテーブルテスト結果を図9に示した。ここでは、マシンチェストを想定してREALIZER-A3200を100ppm添加し、その後スクリーン前を想定しREALIZER-R100を150ppm添加した。デュアルカチオンポリマータイプにすることにより、REALIZER-A3200シングル添加時と比べて、ピッチ定着性向上率が高くなっていることが確認できた。また、ハンドシート作製時のプレス後のシート含水率から、搾水性が向上していると考えられ、実機テストで抄紙速度の向上が見込める結果となった。



4.4 デュアルカチオンポリマータイプによる汚れ低減メカニズム

アクシーズシステムのデュアルカチオンポリマータイプによるピッチ成分の抄き込みメカニズムを図10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する。高濃度紙料に添加することで、リアライザー A シリーズは主に微細繊維成分や填料と選択的に反応し、ピッチ成分を定着させながらマイクロフロックを形成する。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、ピッチ成分を定着して形成されたマイクロフロック間に架橋的に働き、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ウェットエンド物性を向上させることがアクシーズシ

テムのデュアルカチオンポリマータイプの特徴である。

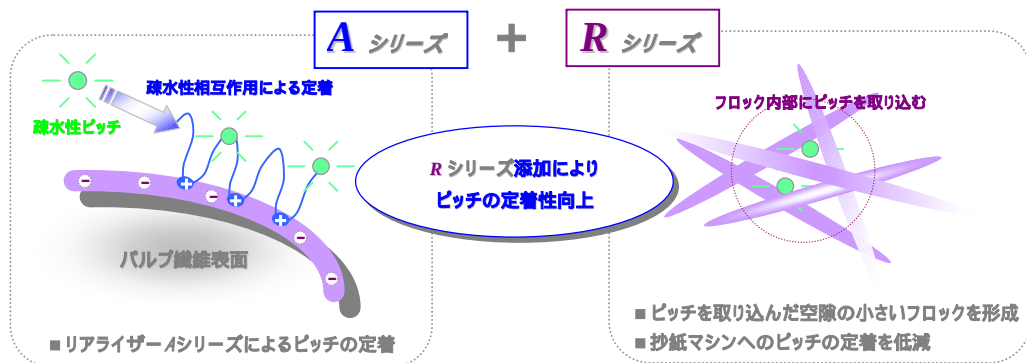


図10 デュアルカチオンポリマーシステムによるピッチ成分の抄き込みメカニズム

4.5 カチオン・アニオンデュアルポリマーシステムによる地合い向上

カチオン・アニオンデュアルポリマータイプでは、まず始めにRシリーズの添加を行う。Rシリーズが持つ一部架橋構造の効果により結合水の少ないブロックを形成する。その後、スクリーン前あるいは後に分散性の良い中分子量アニオン性ポリマーを添加することにより、スクリーンのシェアにより分散されたパルプ繊維を再凝集し、適度な大きさのブロックを形成する。そのため地合いを崩さず濾水・歩留り性を改善することが可能である（図11）。

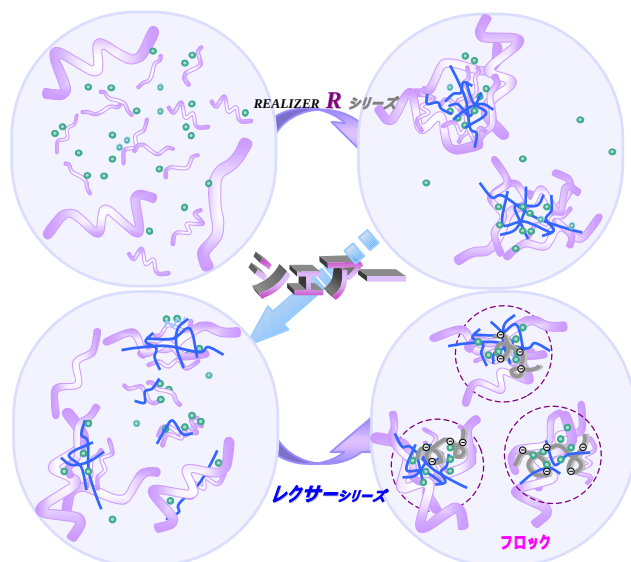


図11 カチオン・アニオンデュアルポリマーシステムのモデル

4.6 中性上質紙料におけるテーブルテスト実施例

LBKPに填料として炭酸カルシウムを20%添加した中性上質紙料を用いたテーブルテストの結果を図12に示した。スクリーン入り口を想定して、カチオンポリマーREALIZER-R100を一定に200ppm添加し、スクリーン出口を想定しレクサーとベントナイトをそれぞれ添加し歩留りを測定した。また同条件にて作成したハンドシートの地合い物性を測定した。ベントナイトと比較しレクサーは、約1/10の添加量で同等の歩留りを示した。また、その時の地合いはベントナイトを添加した場合より向上した。

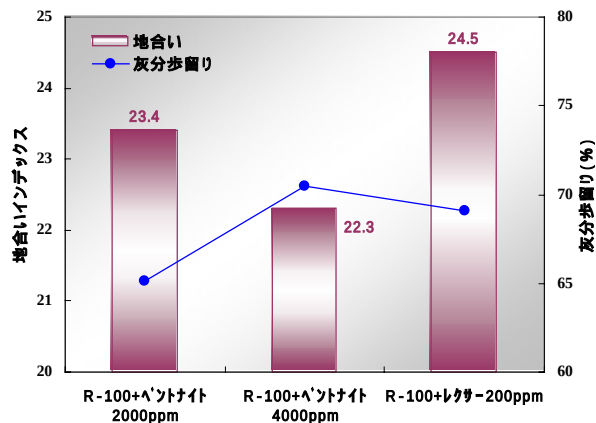


図12 中性上質紙料でのテーブルテスト結果

4.7 「アクシーズシステム」のまとめ

今後、ますます中性抄紙化や古紙の高配合化が進み、抄紙系内のウエットエンドの状態は悪化していくものと考えられる。それに伴い各マシンの問題も更に多様化・複雑化していくものと考えられる。そこで、今回紹介した弊社のウエットエンド改質システム「アクシーズシステム」では、抄紙マシンの汚れ及び抄速アップの要求に対してはREALIZER-AシリーズとRシリーズとの組み合わせ、地合いの向上に対してはRシリーズとレクサーシリーズとの組み合わせが有効である（図13）。

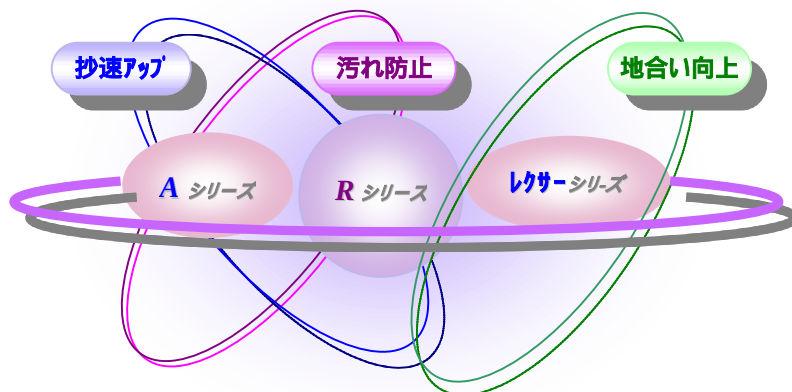


図13 アクシーズシステムの組み合わせモデル

このように3つの薬剤シリーズをニーズに対応し組み合わせ、システムをカスタマイズすることにより、品質と生産性向上をトータルで改善・安定化できるものと考えている。

5. スライムによる汚れの発生

マシンのクローズド化や古紙の使用増加・コートブロークの増加による栄養源の増大により、微生物に起因するスライムについても、ますます発生しやすい環境になってきている。スライムは、微生物の作用により、抄紙工程のパイプ・チェストの内壁など流速が遅くなる部分の試料中に発生する粘状物質である。異物・斑点等により外観に関する品質の低下のみならず、紙切れ・プレス毛布の汚れなど操業性を阻害する原因にもなるため大きな問題である。

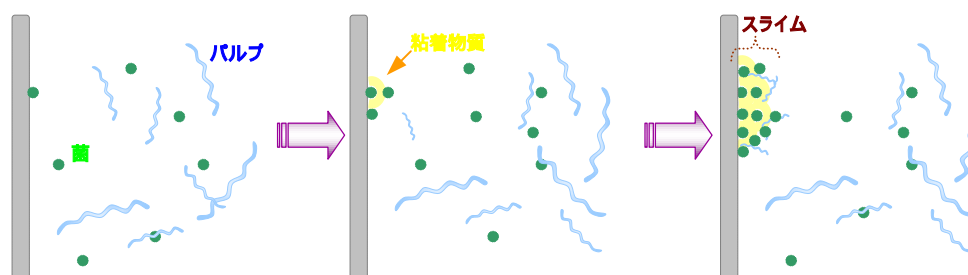


図14 菌によるスライムの発生挙動

スライム形成過程はまず始めに固体表面に微生物が付着、次に微生物が増殖しながら多糖類を主成分とした粘性物質を産出し、パルプ・填料を巻き込んだスライム層を形成する（図14）。このスライム層がある程度以上大きくなり脱落することで、斑点・欠点・紙切れなどのトラブルを引き起こす。

5.1 スライムコントロール剤「ミクロサイド」による汚れの対策

殺菌剤の使用はスライムトラブルを回避するために重要であるが、単に系内の菌数減少により問題解決するだけでなく、環境負荷・コスト・操業安定性を考慮に入れなければならない。効果的なスライムコントロール方法には適切な薬剤の選定・適切な添加方法・適切な添加場所・適切な添加タイミング・効果の把握を総合的に行うことが必要であり重要である。

(図15)弊社では蛍光二重生体染色法を用いた「in vitro スライム形成法」によりスライム形成菌を特定し、薬剤の選定を行っている。また、「Tracer System」によりマシン内の殺菌剤濃度推移を的確に測定することにより、最適な添加場所及び添加方法を求めることができる。R.M.S.を用いることにより薬剤管理・使用状況・薬剤効果をリアルタイムで監視することができる。これらをトータルで行うことにより効果的なスライムコントロールが可能になる。

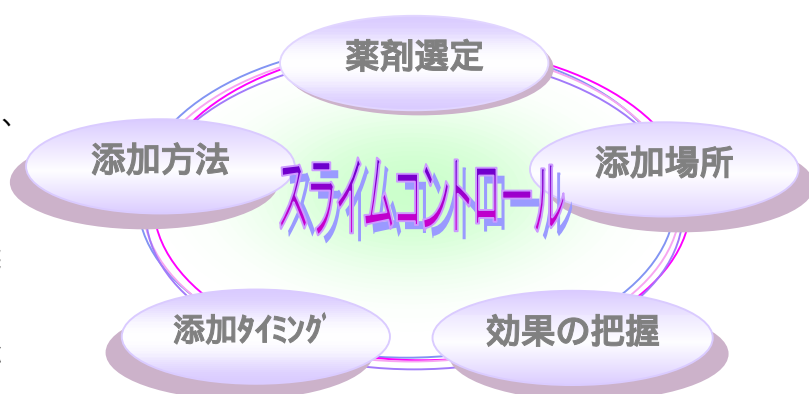


図15 スライムコントロールの最適化法

5.2 「in vitroスライム形成法」によるトラブル菌診断と薬剤決定

スライムトラブルに対する殺菌剤の選択には殺菌剤の菌数に対する効果ではなく、トラブル菌に対する選択的な効果が最も重要である。トラブル菌の診断をin vitroスライム形成法により行う。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筋起波長観察を行った。微生物をセルロース添加した状態で培養し、極めて小さい凝集物しか認められない微生物とセルロース繊維を凝集させ巨大スライム化していく微生物を見極める。スライム形成菌に対して薬剤試験を行い、有効な薬剤及び添加量を求めることにより効率的な薬剤効果が達成される。

5.3 「Tracer System」による最適添加方法の決定

菌に対する有効薬剤濃度を効率よく添加するために回流濃度を測定することは極めて重要である。添加薬剤濃度管理用トレーサーを抄紙マシンに投入し、濃度推移を測定することにより、回流濃度・一次循環系の回収・流入などの測定が可能である。

図16・17はB工場でのトレーサー実施結果である。図16に示したように各場所での薬剤濃度を実測することが可能であった。この方法に用いるトレーサーは検出感度がpptオーダーであることから、通常では極端な希釈により測定が困難なクラリファイヤー入り口での薬剤濃度の実測も可能である。図17に添加方法による薬剤濃度の推移を示した。薬剤濃度推移を的確に測定・把握することにより、最適な添加場所及び添加方法を定めることが可能である。

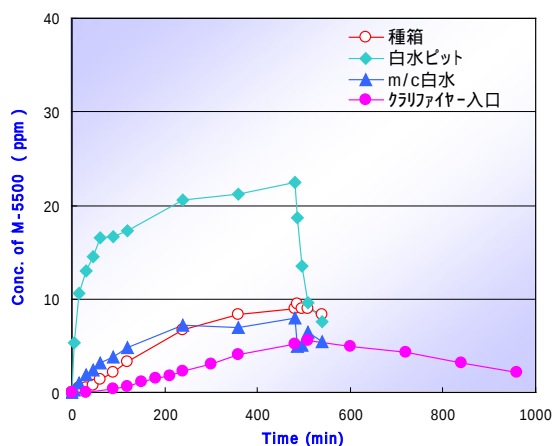


図16 マシン各場所での薬剤濃度変化

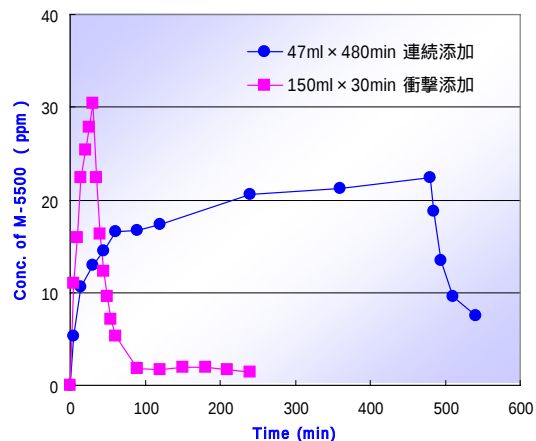


図17 添加方法の違いによる薬剤濃度変化

5.4 R.M.S.によるCPチューブの汚れ管理

マシン内の菌数の状態を直接モニターすることは、殺菌剤効果を確認する上で重要であるが、実測することは困難である。今回、プロファイル・操業性の改善技術としてインレットに取り付けられたCPチューブ部分で濁度測定を行うことにより菌数の増減をオンタイムにモニターすることを可能にした。更に、測定したデータをリアルタイムに遠隔地に送信するR.M.S.とシステム化することにより、薬剤効果を確認・制御することが可能となった(図18)。

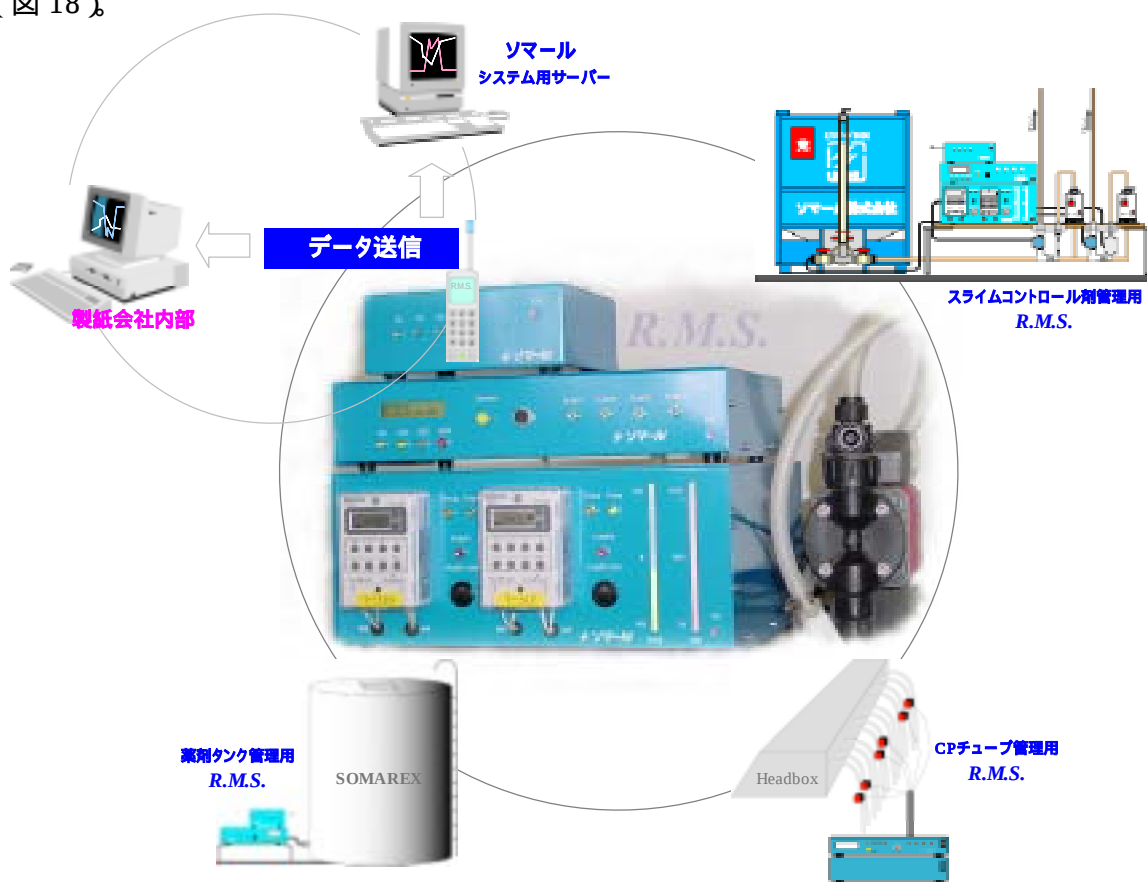


図18 R.M.S.システム図

これまで CP チューブ汚れ監視 R.M.S.をはじめ薬剤タンク残量監視 R.M.S.等の開発を行ってきている。今後 R.M.S.をさらに他の使用薬剤およびセンサーとを組み合わせることで、より詳細なマシン状態の管理が可能になる。このようなシステム化を更に発展させ、管理に関わる作業の低減・操業性の向上を図り、効率のよい「トータルデポジットコントロールシステム化」を提案していく。

6 . 泡による汚れ発生挙動

抄紙工程内で生じる泡は、泡斑点の発生・濾水性の低下による抄速ダウンなど品質・操業上の障害を引き起こす。その中でも重大な障害として、気泡によるデポジットの問題が上げられる。

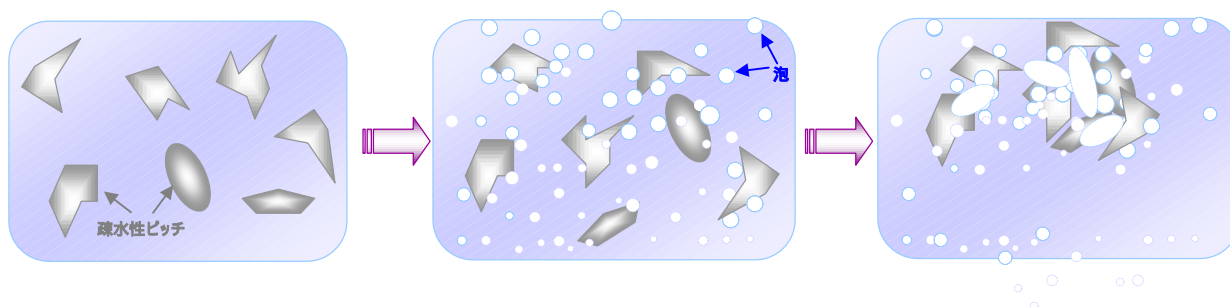


図 19 内部気泡によるピッチの発生挙動

気泡はその気液両界面にピッチ・サイズ剤・染料・填料・微細繊維を吸着しやすく、さらに吸着したまま浮上することにより液表面で濃縮・凝集化させる作用がある。このため、断紙や斑点・穴あき等のトラブルにつながりやすい(図 19)。

発泡トラブルの解消法としては、装置面ではパルプスラリ - や白水の過度の攪拌を避けるなど、空気の混入とその細分化を防ぐことが重要である。また、プロセス条件面では pH や温度の変更などの方法が採られているが、消泡剤の使用が迅速かつ有効な方法である。

6 . 1 消泡剤の使用について

消泡剤の最適な使用は上記トラブルを回避して抄造を安定化させる上で重要であるが、過度の使用は紙質に直接悪影響(サイズ度・吸水度等)を及ぼすだけでなく、消泡剤そのものによる汚れを発生させる。従って、対象となる抄紙マシンの特性に対応した最も効果的な消泡剤を状況に応じて最小限添加することが重要である。しかし、状況に応じて常に必要最小量を添加する事は非常に難しく、実機マシンにおいては消泡剤が過剰添加となっている現状が多く見られる。



図 2 0 携帯型・循環式試験機
白水の発泡 / 消泡試験

6.2 消泡剤の選択と弊社製品

抄紙マシンでの泡の発生挙動はマシン条件や温度・pH・電気伝導度など化学的な種々の条件で変化しやすい。

実機マシンの泡立ちの性質に対応した消泡剤を選定するために、携帯型・循環式発泡試験機(図20)を用い、採取直後のパルプスラリーや抄紙白水に対し、試験を行い消泡剤および最適添加量を決定する(表2)。

表2 消泡剤の紹介

代表製品名	性状	特徴
ソマソルブ-K100	エマルジョン型	特に破泡性に優れる
ソマソルブ-K300	活性剤型	抑泡・破泡性を兼備
ソマソルブ-K510	Oil 型	抑泡性に優れる

6.3 消泡剤添加の最適化

弊社は内部気泡の精密な連続計測に連動して消泡剤の添加量を自動制御する装置「ソマエアーP」を開発した。「ソマエアーP」は、内部気泡センサーで測定した内部気泡量の変化に伴い消泡剤「ソマソルブ」の自動添加管理を行う(図21)。従って、常に状況に応じた量の消泡剤を添加し、過剰添加が防げるため、コスト

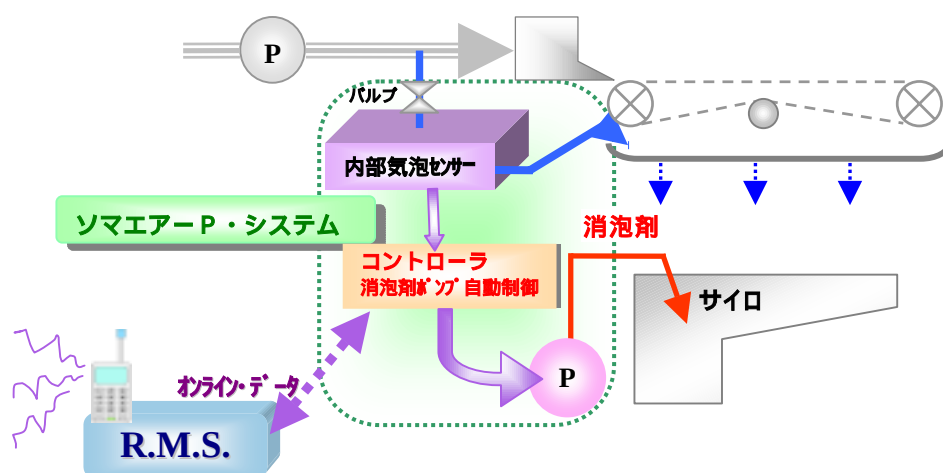


図21 内部気泡量連続測定・制御装置

ダウンが可能となる。また消泡剤の過剰添加に比例し過剰に添加されているサイズ剤等の使用量も減少するため、薬剤の過剰添加による系内汚れを軽減することが可能である。更に「ソマエアーP」を R.M.S.とリンクすることにより気泡量・薬剤添加状況の監視および薬剤の残量管理を遠隔地から行うことができるため、管理の大幅な合理化・省力化を併せて達成できる。

7. まとめ

各抄紙マシンの操業性の問題に応じた薬剤およびシステムを取り揃え、更にシステムごとにマシン状況を詳細に分析し状況に応じた添加方法を行うことにより、操業性・生産性を向上させることができる。また、弊社は R.M.S.を用いて、薬剤及びマシン状況をリアルタイムで管理することにより、コストを抑え薬剤効果を最大限に発揮させる「トータルデポジットコントロールシステム化」に取り組んでいる。

参考文献

- 1) 但木孝一, 常川謙二, 朝田知子: 平成 14 年度紙パルプ年次大会講演要旨集、221(2002)
- 2) 陳嘉義: 平成 14 年度紙パルプ年次大会講演要旨集、187(2002)
- 3) 泥谷直大: 紙パ技術タイムス 45 (7) 9 (2002)
- 4) 林良宏: 紙パルプ技協誌 45 (1) 178 (1991)
- 5) 角屋勇: 紙パルプ技協誌 31 (3) 28 (1977)
- 6) 「最新抄紙技術」, 製紙科学研究所
- 7) 「THE MICROBIAL WORLD」, 培風館
- 8) 「消泡剤の応用」, シーエムシー
- 9) 「有機化合物のスペクトルによる同定法」, 東京化学同人