

板紙抄造系における硫酸バンドを削減した トータルウェットエンドシステム

製紙用薬品事業部技術開発部

○瀬崎崇生、吉本康秀

1. はじめに

製紙業界では近年、地球環境問題に対する配慮が必要不可欠になる一方で、収益改善を目的とした合理化、コストダウンを余儀なくされており、製紙工程の環境が急激に変化している。板紙に着目すると、雑誌古紙の配合比率が増加するなど原料事情が変化し、抄造系への炭酸カルシウムの混入量が増加する傾向にある。そのため、抄造系のpHが上昇し、それを抑えるために過剰な硫酸や硫酸バンドを使用している現状がある。また、石膏スケール問題が頻繁に発生したり、電気伝導度が上昇し内添薬品の効果が低下したりするなどの弊害が生じている¹⁾。

このような状況の下、板紙において硫酸バンドを削減しながら、いかに有効に使用するかを模索することが今後重要となる。硫酸バンドを減少するだけではデメリットも生じるが、トータル処方としてのウェットエンドシステムを適用すれば、それらのデメリットを解消できるだけでなく、相乗効果による品質向上が見込まれる。本報では硫酸バンド量を削減し、地球環境への配慮、品質向上、生産性の向上といった現代の板紙抄造が抱える課題を同時に解決することができるトータルウェットエンドシステムについて紹介する。

2. トータルウェットエンドシステムの基本的概念

板紙抄造系において硫酸を使用せずに硫酸バンド使用量を2%程度まで低減できれば、従来の抄造系を大幅に変化させることなく、乾燥紙力の向上、石膏スケールの低減、スラッジ処理量の低減、白水の電気伝導度低下などのメリットが期待できる。

一方、硫酸バンドの低減だけでは、サイズ性の低下や古紙由来のピッチトラブルの誘発が懸念される。トータルウェットエンドシステムはこれらの問題を凝結剤・歩留剤の適用、薬品の添加位置の最適化により解決しようとするもので以下の概要である(図1)。

《トータルウェットエンドシステム》

①硫酸バンド2%までへの削減と添加位置の最適化

②凝結剤／両性共重合PAM／弱酸性エマルジョンサイズ剤／歩留剤の適用

- 凝結剤 : ハリアップ CGL-60 (カチオン性ポリマー)
- 両性共重合PAM : ハーマイド RB-200シリーズ
- 弱酸性EMサイズ剤 : ハーサイズ NES-700シリーズ
- 歩留剤 : ハリアップ CRA-20 (C-PAM)
ハリアップ ARA-20 (A-PAM)

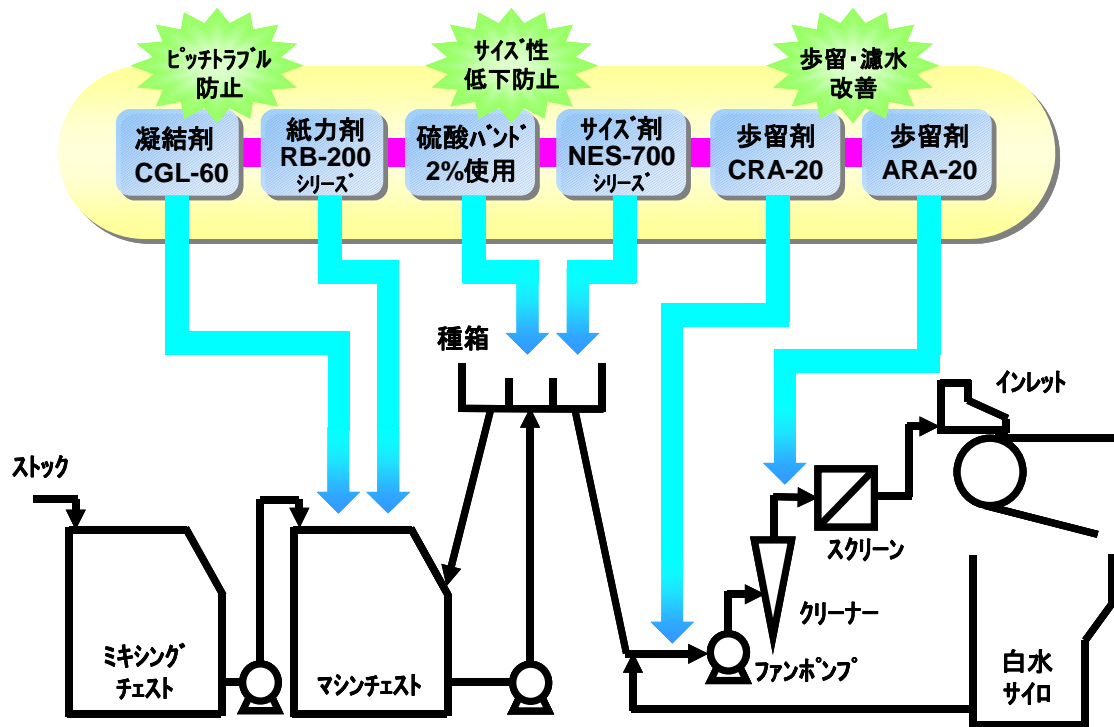


図 1. トータルウェットエンドシステムの概要

3. 硫酸バンドの影響

3. 1. 硫酸バンド量のピッチトラブルへの影響

硫酸バンド量がピッチトラブルへ与える影響について確認した²⁾。図 2 に示したように、1 L ビーカーに円筒状に加工したステンレス製のワイヤーメッシュ、または抄紙工程で使用されるプラスチックワイヤーを入れ、攪拌羽根をセットした。

段ボール古紙パルプスラリー（固形分 2%）を 500 ml 加え、温度 50℃にて擬似ピッチ成分（2% 対パルプ）、硫酸バンドを添加し、30分攪拌した。硫酸バンドの添加量は 10%、6%、2%、0%と変化させた。ワイヤーメッシュを取り出し、水洗、乾燥した後、ピッチ付着による

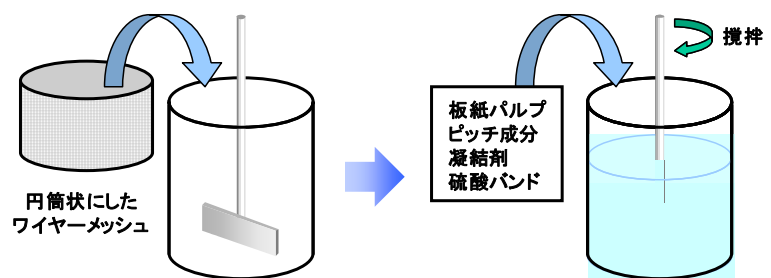


図 2. ピッチ付着試験

重量増加分を測定した。また、パルプスラリーを吸引濾過し、得られた濾液の透過率（波長 660 nm）を測定した。擬似ピッチとしては、市販テープの粘着部をテトラヒドロフラン（THF）により抽出した分散液を使用した。この擬似ピッチの成分は、熱分解 GC-MS 分析によりポリアクリル酸エステルが主体であることを確認した。

ピッチ付着試験の結果を図3に示した。図中のpHはそれぞれの硫酸バンド添加量におけるpHを示している。硫酸バンド量を低減するとパルプスラリーのpHが中性に近づき、ワイヤーメッシュに対するピッチの付着量が増加していることが分かる。また、実験後のパルプスラリーを濾過して得られた濾液の透過率も低下しており、ピッチがワイヤーメッシュに付着しやすくなるだけでなく、遊離のピッチ成分も増えていると推測される。この結果より、硫酸バンドはピッチトラブルの低減に有効に作用していることが示唆される。

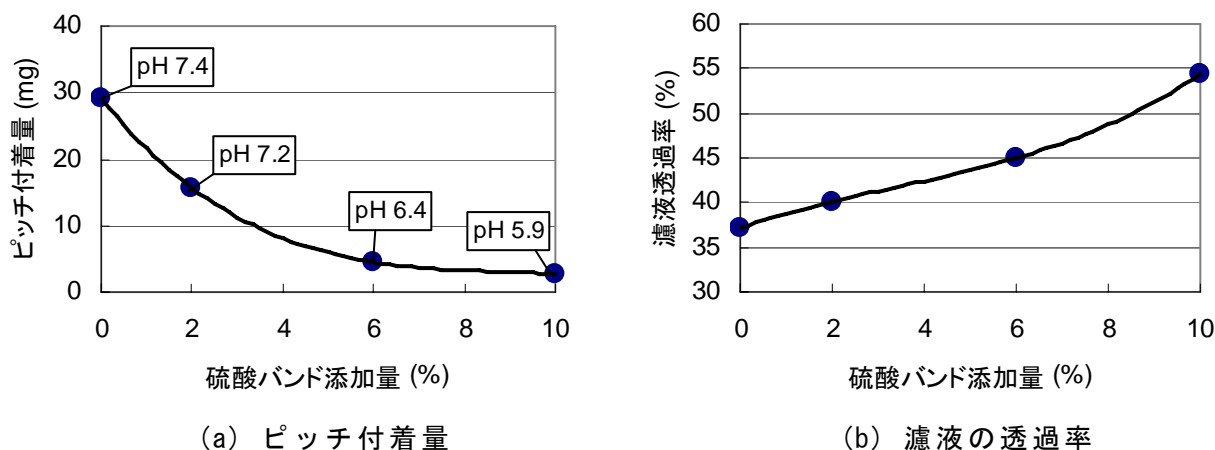


図3. 硫酸バンド量によるピッチトラブルへの影響

3. 2. 硫酸バンド量の紙質への影響

硫酸バンド量を変化させた場合に板紙の紙質にどのような影響があるかを確認した。図4の定着手順にしたがって各薬品を添加し、手抄き紙を作成した。硫酸バンド量は10%、6%、2%、0%と順次低減させた。作成した手抄き紙の破裂強度、Cobb吸水度、灰分を測定した。また、同様の手順で薬品を添加して濾水性を測定した。



図4. 薬品定着手順1

3. 2. 1. 硫酸バンドの紙力（破裂強度）への影響

比破裂強さについては硫酸バンド量が減少するにしたがって強度が強くなり、硫酸バンド量2%程度で最大となった。硫酸バンドを全く使用しない場合、2%の使用に比べ、紙力は低下した（図5(a)）。これは両性共重合PAMが硫酸バンドと相互作用することによる効果を示している。また、RB-200シリーズは少ない硫酸バンド量で紙力増強効果を発揮するように設計されており、過剰の硫酸バンドはRB-200

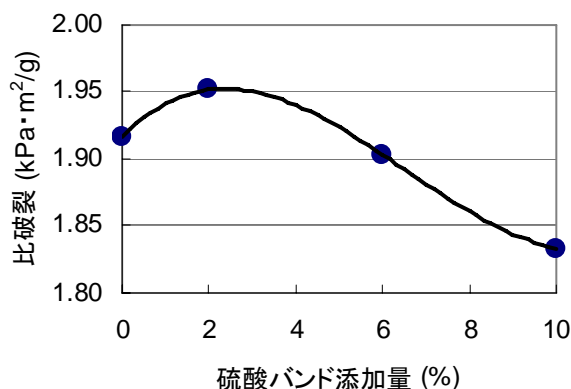


図5(a). 紙力への影響

0シリーズにとっては強度低下要因となることも示している。

3. 2. 2. 硫酸バンドの灰分への影響

硫酸バンドの添加量の減少と共に灰分は低下した（図5(b)）。硫酸バンドにはウェットエンド薬品や微細繊維、その他夾雑物の定着剤としての効果があるため、このような傾向が現れたといえる。

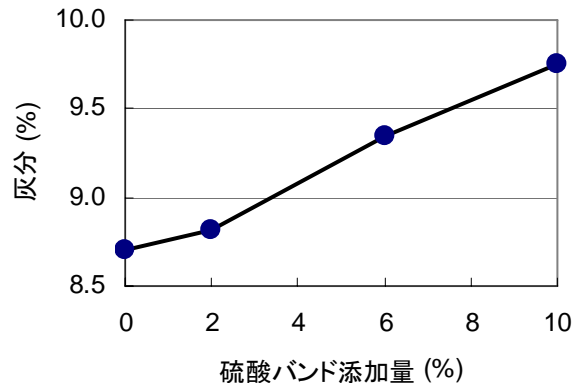


図5(b). 灰分への影響

3. 2. 3. 硫酸バンドの濾水性への影響

硫酸バンド添加量の減少と共に濾水性も減少することが確認された（図5(c)）。上述したように硫酸バンドの微細繊維の定着効果が働いているためと考えられる。

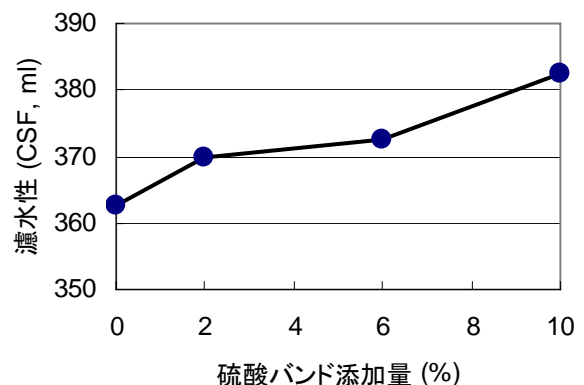


図5(c). 濾水性への影響

3. 2. 4. 硫酸バンドのサイズ性

(C o b b 吸水度) への影響

サイズ性に関しては、ロジンサイズを使用した場合、硫酸バンドはサイズ剤の定着のみならず、サイズ発現に重要な役割を演じていることが判っている³⁾。そのため、硫酸バンド使用量が少なくなると、サイズ性が低下し、C o b b 吸水度が増加する傾向がみられた（図5(d)）。

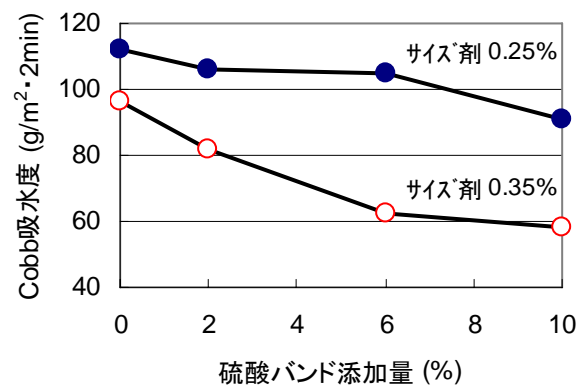


図5(d). サイズ性への影響

4. 硫酸バンド削減のメリットとデメリット

以上の結果から板紙において酸性抄造から硫酸バンドを削減し弱酸性～中性抄造へ移行する際に生じると予想される利点と欠点を表1にまとめた。

硫酸バンド量を低減した場合、操業上の様々なメリットが期待される反面、主に以下に挙げるようなデメリットも生じると予想される。

- ①ピッチトラブルの発生
- ②歩留り・濾水性の低下
- ③サイズ性の低下

表 1. 硫酸バンド削減のメリットとデメリット

	メリット	デメリット
操業面	①白水電気伝導度の低下 ②石膏スケールの減少 ③スラッジ処理量の減少 ④設備腐食の抑制	①ピッチトラブルの増加 ②歩留り・濾水性の低下
品質面	⑤紙力の向上	③サイズ性の低下

今回紹介するトータルウェットエンドシステムでは、以下の方法により硫酸バンド量低減により生じるデメリットの解消を実現している。すなわち、①ピッチトラブルの増加に対してはCGL-60を添加し、②歩留り・濾水性の低下に対しては歩留システムを適用し、③サイズ性の低下に対しては硫酸バンドをサイズ剤の直前に添加することにより対応する(図6)。これらの処方はそれぞれ個別の効果に留まらず、包括的なトータルシステムとして適用することにより相乗的な効果が発現することが見出された。その詳細について以下に述べる。

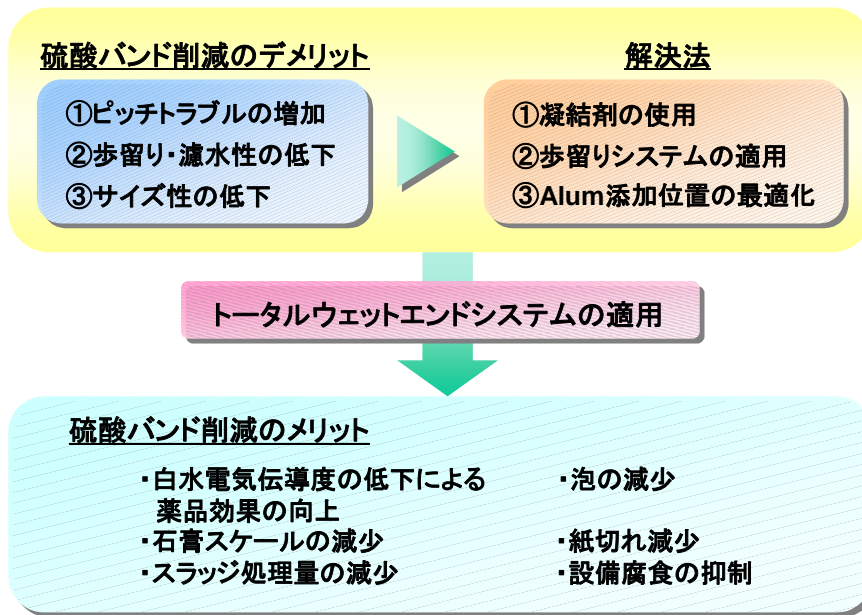
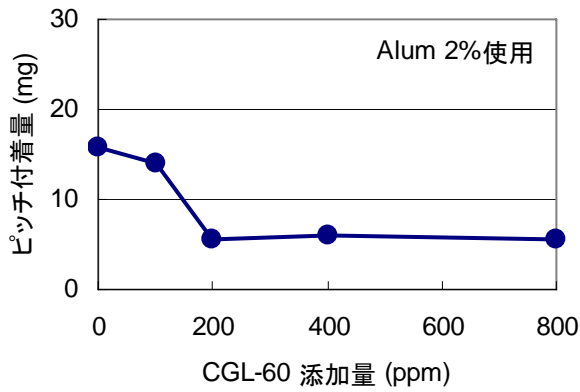


図 6. トータルシステムの適用による硫酸バンド削減のデメリット解消

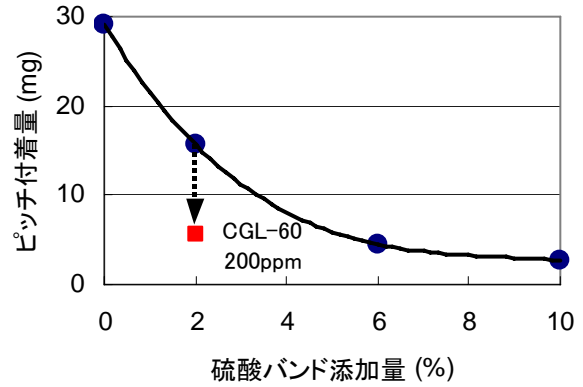
5. 硫酸バンドの削減により生じる問題点の解決

5. 1. ピッチトラブルの解決 - CGL-60の使用

CGL-60はピッチ成分を凝集させずにパルプ繊維に吸着させることにより抄紙系から除去し、ピッチトラブルを防ぐ効果がある。この効果を検証するため、先に実施した擬似ピッチの付着試験を試みた(図7)。



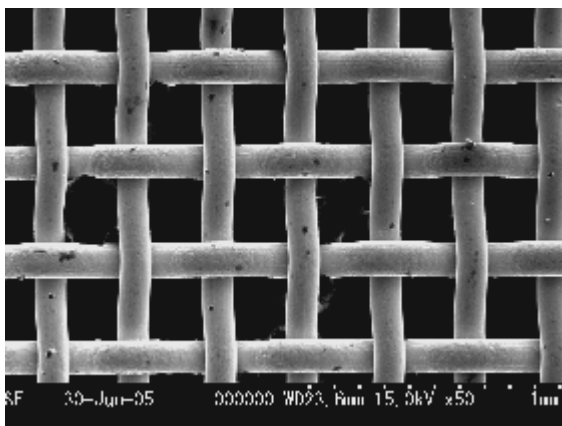
(a) CGL-60 添加量とピッチ付着量



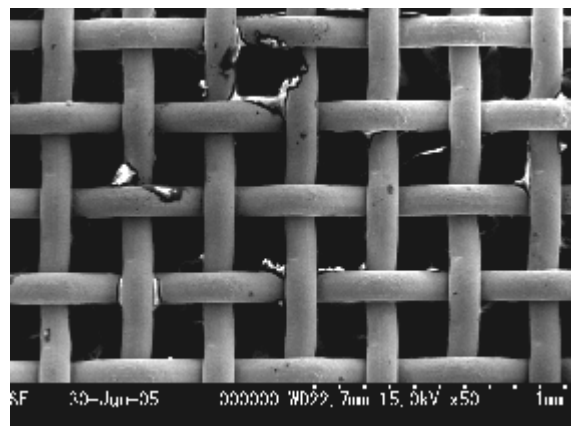
(b) CGL-60 の効果

図 7. CGL-60 のピッチ付着防止効果

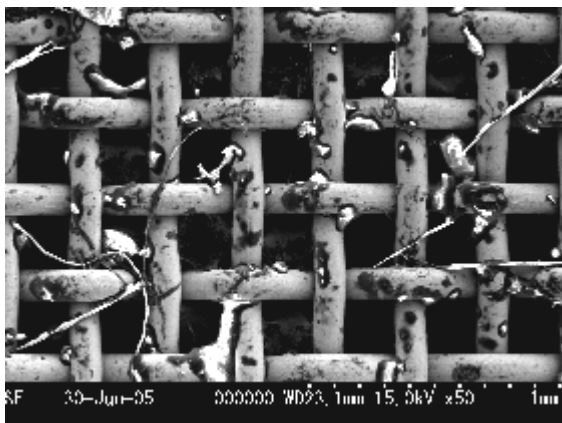
図 7 (a) より硫酸バンドの使用量 2% においても CGL-60 を使用するとワイヤーメッシュへのピッチ付着量を大幅に抑えられることが分かる。また、図 7 (b) より硫酸バンド 2% において CGL-60 を 200 ppm 使用すると、硫酸バンド 6% 使用と同等の効果があることが分かる。後述する歩留システムを併用すると、ピッチ成分のパルプへの歩留りが上がるため、ピッチ付着量はさらに低くなると考えられる。



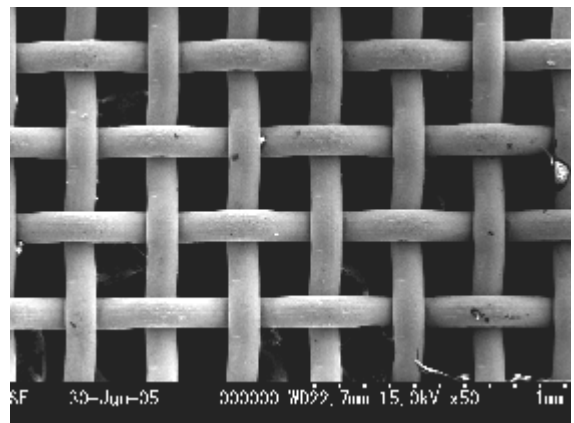
(a) 硫酸バンド 10%



(b) 硫酸バンド 2%



(c) 硫酸バンド 0%



(d) 硫酸バンド 2% + CGL-60 200ppm

図 8. ワイヤーメッシュへのピッチの付着状態

図8に付着試験後のワイヤーメッシュの顕微鏡写真を示した。硫酸バンドが少なくなると付着するピッチの量が増えていくが、硫酸バンドが2%においてもCGL-60を200ppm使用すると付着がほとんど見られなくなっている様子が分かる。

また、擬似ピッチを蛍光染料により着色し、その着色ピッチを用いて前述した方法により作成した手抄き紙に暗所で紫外線を照射すると、ピッチ成分が発光しその存在を確認できる⁴⁾。この方法を用いて紙中のピッチの分布状態を調べた(図9)。ピッチ成分は発光により白い輝点として現れるが、図9では見やすいように画像の反転処理を施してある。

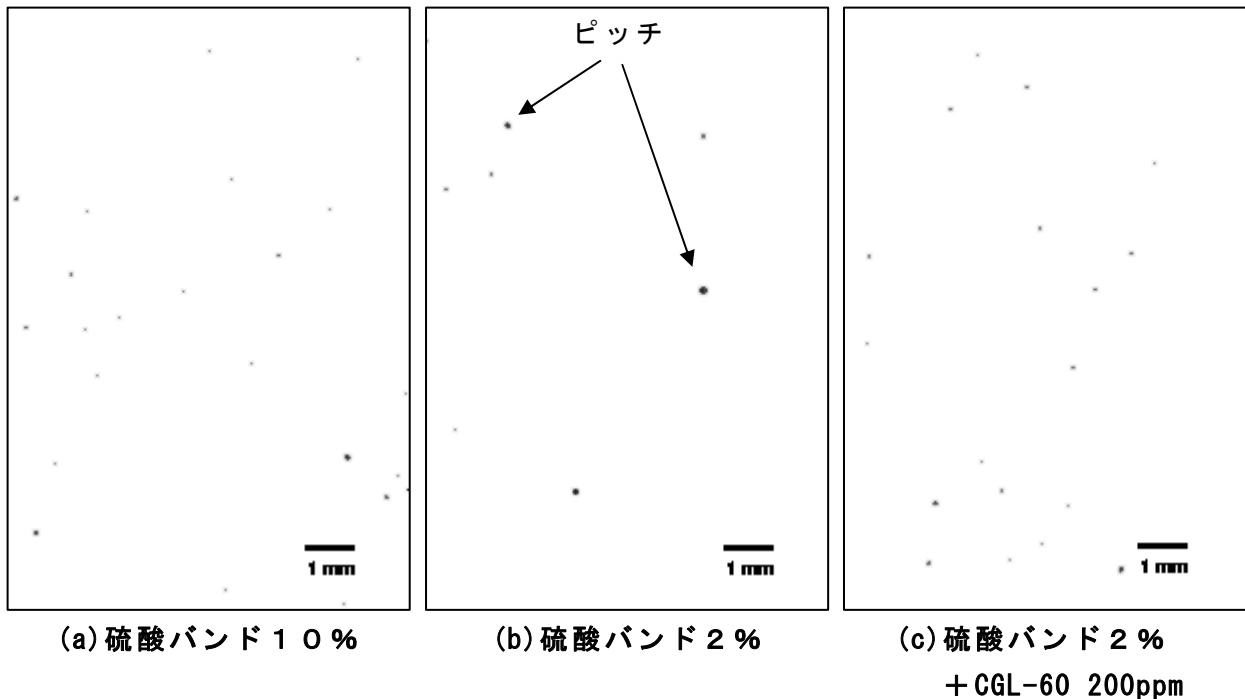


図9. 手抄き紙中のピッチ分布状態

硫酸バンド10%使用(図9(a))に比べ、2%使用(図9(b))では一定面積あたりのピッチの数がまばらであった。また、各ピッチに相当する点が広がっている傾向が認められた。このことより、硫酸バンドが少ない場合、紙に抄き込まれたピッチは凝集して大きくなっていることが示唆される。硫酸バンド2%使用でもCGL-60を使用した場合は硫酸バンド10%とほぼ同様の分布状態を示し、ピッチが細かい状態のまま紙に抄き込まれている様子が分かる(図9(c))。

次に手抄き紙中のピッチの含有量を確認した。擬似ピッチを添加して作成した手抄き紙を60℃のトルエンに3時間浸し、紙に含まれているピッチ成分を抽出して重量を測定した(図10)。手抄き紙は図11に示した手順で薬品を定着し作成した。図10において、トルエン抽出量はピッチの歩留りと相関があり、トルエン抽出量が多いほど、ピッチの歩留りが高いと考えられる。硫酸バンドの減少

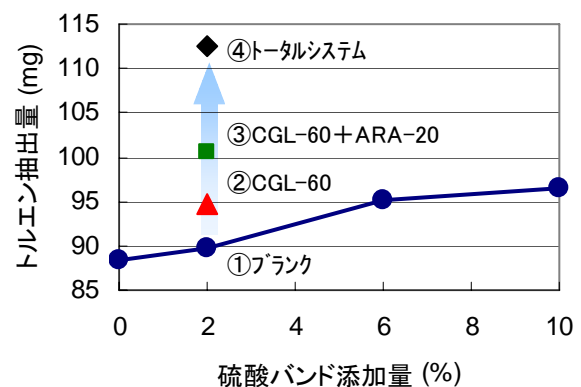
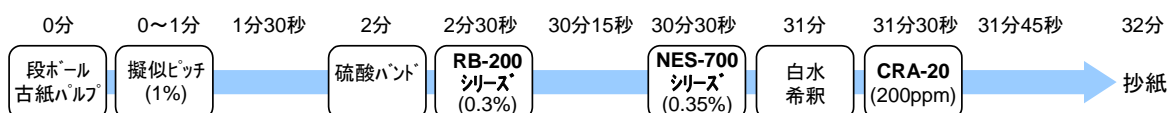


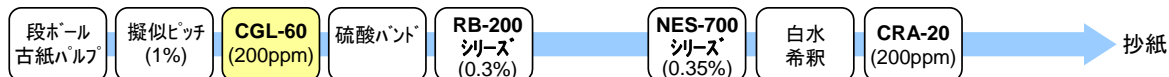
図10. トルエン抽出量

と共にトルエン抽出量が減少しており、紙への歩留りが低下していることが分かる。この状態は実機において白水系内のピッチの蓄積を伴い、ピッチトラブルの増加につながると考えられる。また、CGL-60を使用した場合、ピッチ歩留りの向上がみられ、ピッチをパルプ繊維に吸着させる効果を確認できた。後述するARA-20を適用するとピッチの歩留りはCGL-60単独より上昇し、さらに硫酸バンドの添加位置を最適化したトータルシステムでは相乗効果によってピッチの歩留りが大幅に向上した。

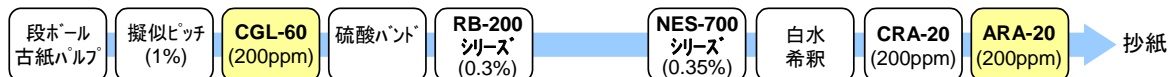
① ブランク（硫酸バンド 2%）



② CGL-60



③ CGL-60 + ARA-20



④ トータルシステム

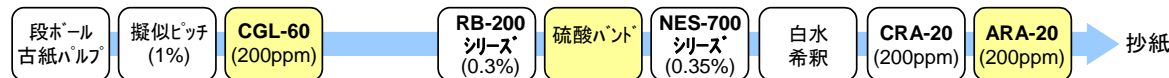


図 1 1 . 薬品定着手順 2

5. 2. 歩留り・濾水性低下の解決 - CRA-20とARA-20の適用

歩留り、濾水性を向上させるためには歩留システムの導入が効果的と考えられる。ここではCRA-20とARA-20を組み合わせた歩留システムを用い、その効果を確認するため、定着手順（図 1 3）にしたがって灰分と濾水性を測定した（図 1 2）。なお、すべての場合にCRA-20を200ppm添加しており、歩留システムの場合にはさらにARA-20を200ppm添加した。

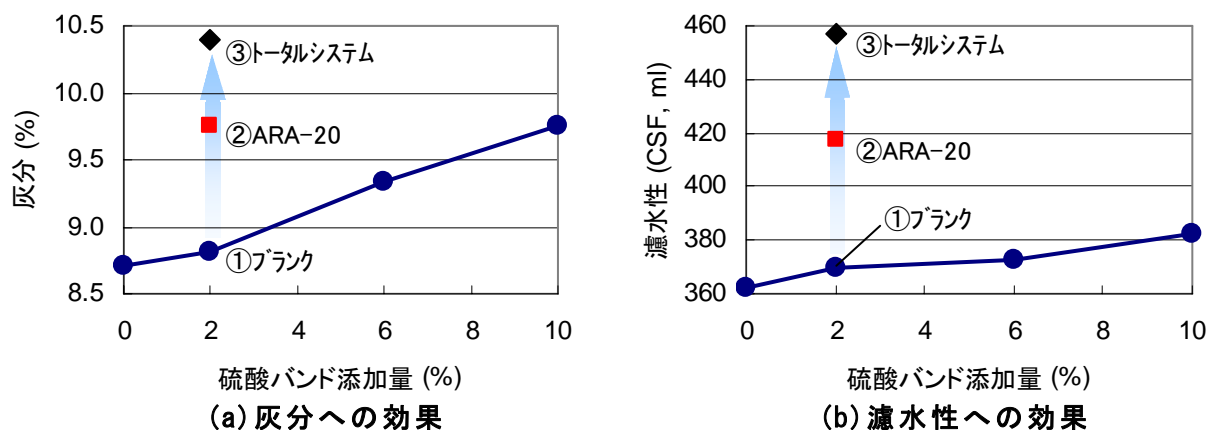
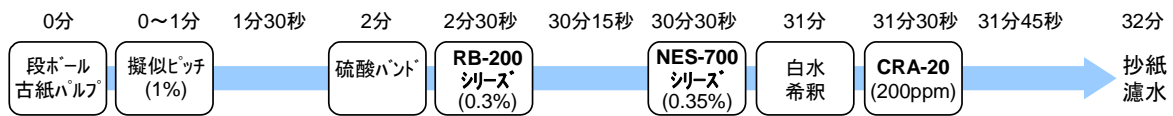
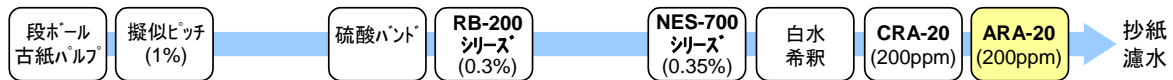


図 1 2 . ARA-20 の効果

① ブランク（硫酸バンド 2%）



② ARA-20



③ トータルシステム

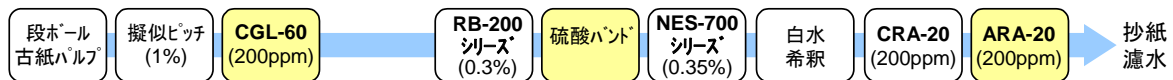


図 1 3 . 薬品定着手順 3

ARA-20 の使用により灰分については硫酸バンド 10% と同等レベルまで回復し、濾水性については大きく改善された。また、CGL-60、ARA-20 の適用、後述する硫酸バンドの添加位置の最適化をすべて含めたトータルシステムでは灰分、濾水性がいずれも大幅に向上した。歩留システムを適用した場合、地合の悪化が懸念されるが、硫酸バンド 10% と同等のレベルであり問題がないことを確認した。

5. 3. サイズ性低下の解決 - 硫酸バンドの添加位置の最適化

硫酸バンドを削減した系では、サイズ剤を添加する直前に硫酸バンドを添加すれば、硫酸バンドをサイズ性発現に有効に利用できると考えられる。この効果を確認するため、硫酸バンドを定着開始からすぐの添加位置（通常添加）と 30 分後のサイズ剤直前の添加位置（図 1 5 参照）とし、それぞれのサイズ性に与える影響を比較した（図 1 4）。

硫酸バンドを弱酸性ロジンサイズ剤の直前に添加した場合、Cobb 吸水度が減少しており、硫酸バンドがサイズ性の向上に効果的に寄与していることがうかがえる。また、トータルシステムを適用すると、さらにサイズ性が改善される相乗効果が認められた。硫酸バンドの添加位置を通常添加とし、凝結剤と歩留システムを適用しても、サイズ性はほとんど向上せず、硫酸バンドの添加位置の影響が大きいことが分かった。

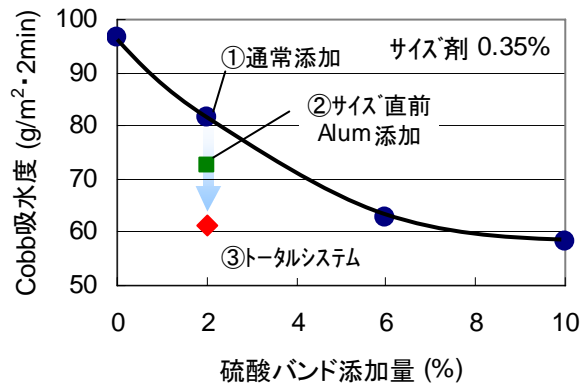
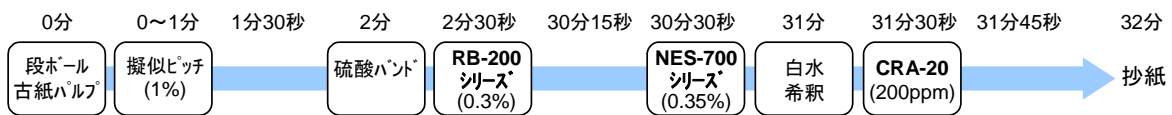
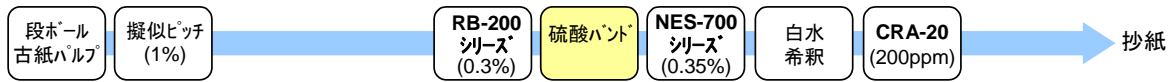


図 1 4 . 硫酸バンド添加位置の効果

① 硫酸バンド・通常添加（硫酸バンド2%）



② 硫酸バンド・サイズ剤直前添加



③ トータルシステム

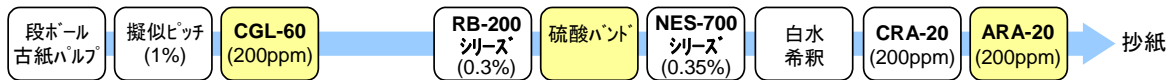


図 15. 薬品定着手順 4

6. おわりに

現在、上質紙のほとんどが中性抄造に移行し、新聞の分野でも中性化への積極的な取り組みが始まっている。板紙においても炭酸カルシウムを含む雑誌古紙等のリサイクルによって抄造系の pH 上昇は今後も進むものと予想される。硫酸バンド量の削減はその流れに合致しており、削減によって得られる利点も大きい。硫酸バンドの削減によって生じうる問題は今回提案したトータルウェットエンドシステムを適用することにより十分クリアできると考えられる。さらにこの包括的なシステムにより相乗効果を生み出し、薬品の性能を効果的に引き出せるものと思われる。

今後も当社がこれまで培ってきた製紙用薬品の技術をさらに発展させ、製紙用薬品に期待される様々な要求に応えることができるよう研究開発に注力していきたい。

【引用文献】

- 1) 林田裕一：平成 13 年度紙パルプ技術協会年次大会公演要旨集，P. 531(2001)
- 2) D. Otero, K. Sundberg, A. Blanco, C. Negro, and B. Holmbom, *Nordic Pulp Paper Res. J.*, **15**(5)：607(2000).
- 3) 稲岡和茂，岩佐哲，中田智彦：第 67 回紙パルプ研究発表会公演要旨集，P. 38(2000)
- 4) O. Heise, B. Cao, J. Dehm, H. Holic, S. Schabel, and A. Kriebel, *Tappi J.*, **82**(2)：143 (1999)