

両性分岐型紙力増強剤の新規混合処方について



研究開発本部 製紙薬品事業 PS1 グループ

小林 慎 KOBAYASHI MAKOTO

1 はじめに

近年、資源保護や環境への関心の高まりから古紙のリサイクルや抄紙マシンのクローズド化が進んでいる。しかしながら、古紙をリサイクルすると、パルプ繊維自体の強度低下やパルプ表面のフィブリルの減少により、リサイクルされたパルプ繊維から得られる紙の強度は低下する。また、パルプの繊維長が短くなるために濾水度が低下し、操業性が悪化する。それらを補うために、抄造時に紙力増強剤は不可欠なものとなっている。また、紙のリサイクルやクローズド化が進むことで抄紙系内には微細繊維や溶存電解物質が蓄積され、電気伝導度は上昇傾向にある。このような状況下で、内添の紙力増強剤はアニオントラッシュ等の溶存電解物質によって、パルプと紙力増強剤との間のイオン結合が阻害されるため、本来の効果（凝集性・紙力）を発揮し難くなっている。

当社では高電気伝導度下に適した内添紙力増強剤を有しているが、古紙原料の増配や季節要因で起こる急激な環境の変化に対しては細やかに対応しきれていないのが現状である。この問題を解決するために、抄紙環境の変化に合わせ、性質の異なる2種の両性分岐型紙力増強剤の混合比を調整して使用する、新規混合処方を開発したので以下に報告する。

2 抄紙環境の変化と内添紙力増強剤が受ける影響について

内添紙力増強剤としては、カチオン性基とアニオン性基を有する両性分岐型ポリアクリルアミド（両性PAM）が一般的に使用されている。両性PAMはイオン間相互作用により、ポリイオンコンプレックス（PIC）を形成することで、見かけの分子量が増加し、パルプへの吸着率や凝集性の向上が期待できる。しかし、抄紙系の溶存電解物質が増加するとイオン間相互作用が阻害されるためPICの形成能は低下し、パルプへの吸着率の低下とそれに伴うパルプの凝集性や紙力効果が低下してしまう。

抄紙系の電気伝導度は古紙中の薬品や填料である炭酸カルシウム等の電解物質が水中に溶け出すことで上昇する。クローズド化は電気伝導度の上昇を加速させており、特に夏場に水温が高くなると、電解物質の溶出量が増加し、電気伝導度が大幅に上昇するケースもある（図1）。一方で製紙会社において内添紙力増強剤は（大きな問題が起こらない限り）一年を通して同じ薬品が使用されていることがほとんどである。そのため夏場は薬品添加量を増量するなどして対応されている。このような、電気伝導度等の抄紙環境の急激な変化に薬品種を変えることなく対応可能な紙力剤処方の開発を実施した。

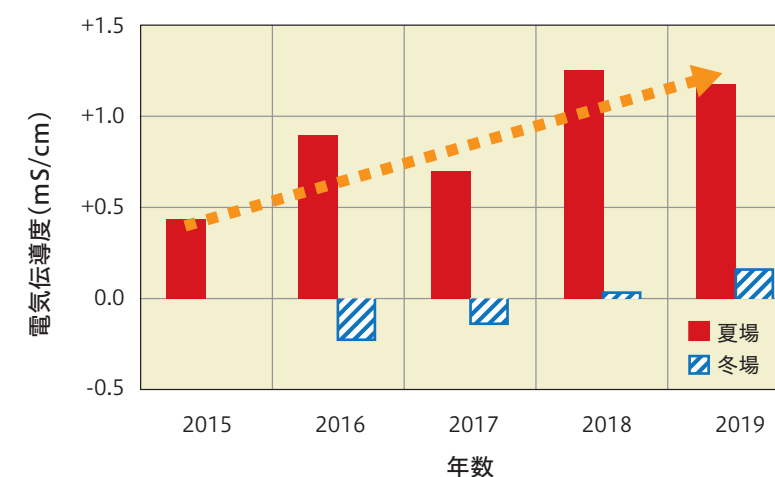


図1 抄紙系の電気伝導度の変化(2015年冬場の電気伝導度を0mS/cmとして変化幅を記載)

3 新規混合処方について

3-1 開発のコンセプト

当社ではそれぞれのユーザーの抄紙環境に適応した両性PAMを開発・推奨してきた。しかし、開発には相応の時間を要するため、上述した急激な抄紙環境の変化に対応するのは難しい場合がある。そこでイオン性が異なる2種の両性PAMの混合比率を調整することで環境変化に対して迅速に対応できないかと考えた。さらに混合する2種の両性PAM間の相互作用を強める工夫をすることで、混合時に見かけの分子量を高めることを考えた。図2に新規混合処方のイメージを示す。

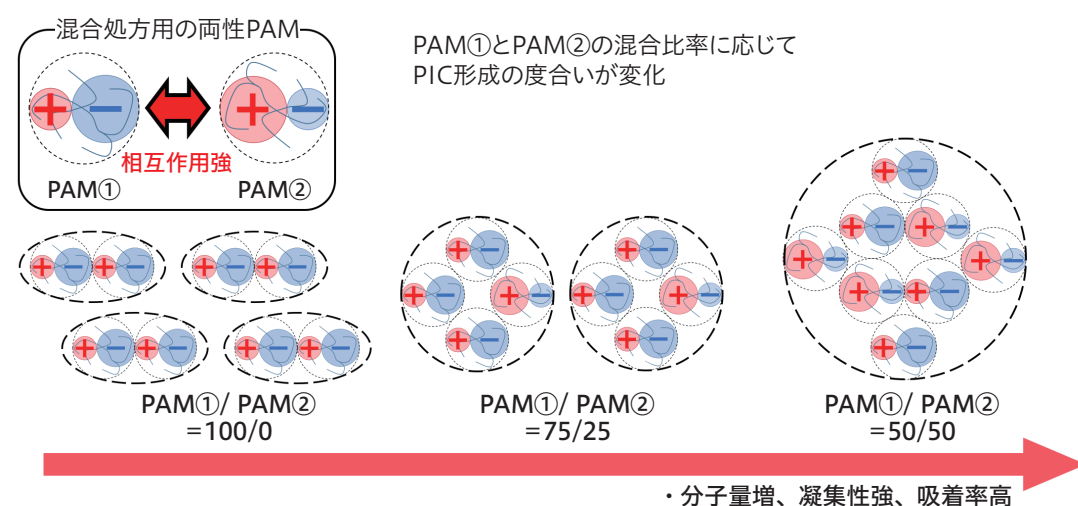


図2 新規混合処方のイメージ

3-2 混合による物性変化

強く相互作用する両性PAMの組み合わせを調査するために、種々の両性PAMを混合し粘度測定を行った。その結果、イオン性の異なる2種の両性PAM（PAM①、PAM②）の混合において顕著な増粘がみられた（図3）。2種の両性PAM間で強く相互作用し、大きなPICを形成していることが予想される。

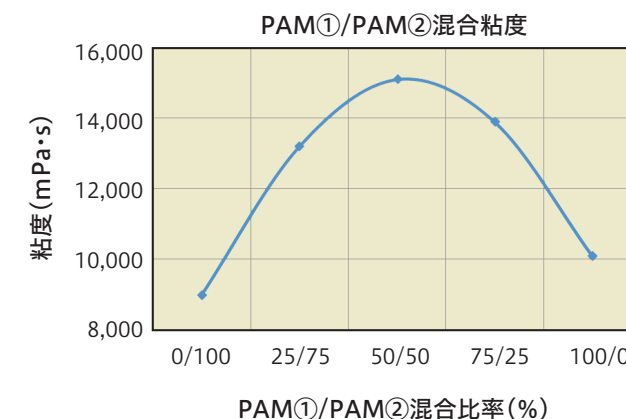


図3 PAM①とPAM②の混合粘度について

そこでPICの形成度合いを確認するため、PAM①、PAM②とその混合物を希釈し濁度測定を行った。両性PAMはpHに応じてPICを形成して濁りを生じるため、大きな粒子が形成されると濁度の値は高くなる。抄紙系の電気伝導度を想定し、塩化カルシウムにて電気伝導度を1mS/cmまたは2mS/cmに調整した水で両性PAMを希釈し、pHを変えて濁度挙動を追跡した（図4）。

1mS/cmと2mS/cmのどちらの条件においても、PAM①、PAM②単独の希釈液対比混合した希釈液の濁度の値が高くなっていることから、2種の両性PAM間で相互作用が強くはたらき、大きなPICを形成していることが示唆された。電気伝導度が高くなると、両性PAMのイオン間相互作用は阻害されPICの形成能が低下するが、PAM①/PAM②=50/50の混合物は2mS/cmの条件でも、1mS/cmでのPAM①、PAM②単独対比で高い濁度の値を示した。

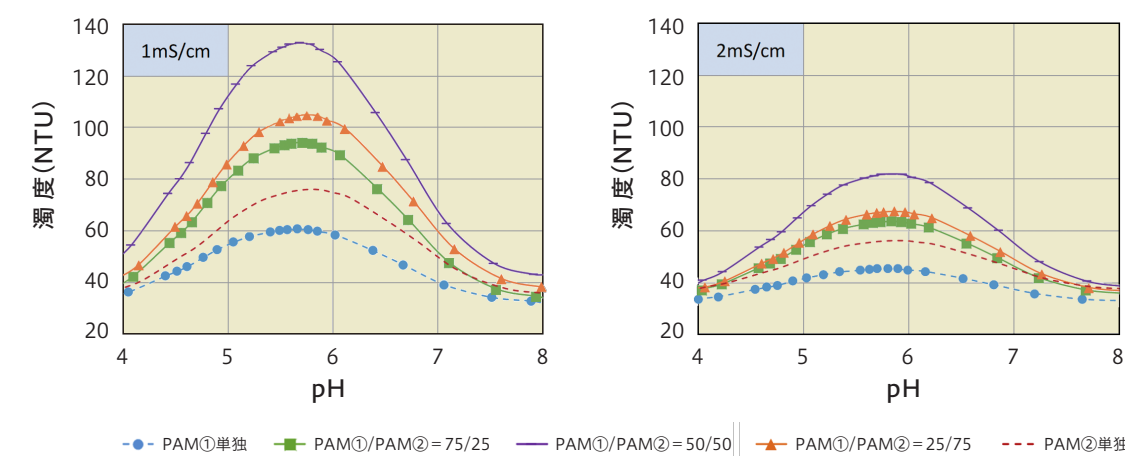


図4 両性PAM混合時の濁度挙動について(左)1mS/cm、(右)2mS/cm

3-3 新規混合処方の抄紙評価

段ボール古紙を離解・叩解したパルプを用いて抄紙評価を実施した。抄紙環境の変動に対する影響を確認するため、パルプの電気伝導度は塩化カルシウムを用いて1mS/cmまたは2mS/cmに調整した。各パルプに対して硫酸バンド1.0%、両性PAM0.5%（PAM①、PAM②を種々の比率で混合）を添加した。それらパルプの濾水度、紙の強度、地合、紙力増強剤の定着率を測定した。結果を図5～図8に示す。

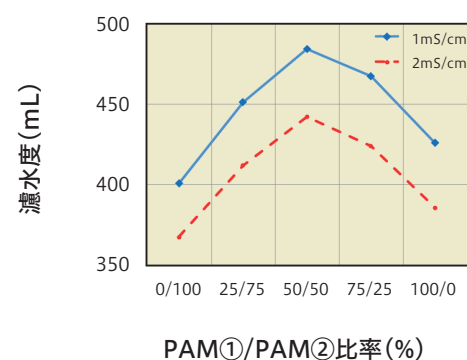


図5 混合比率と濾水度の関係

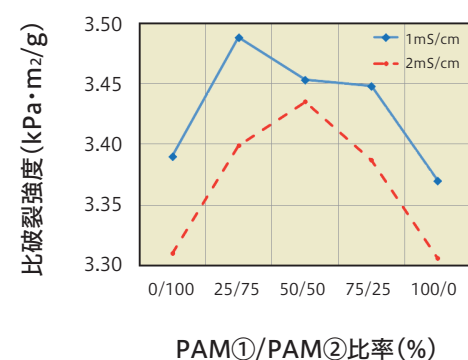


図6 混合比率と比破裂強度の関係

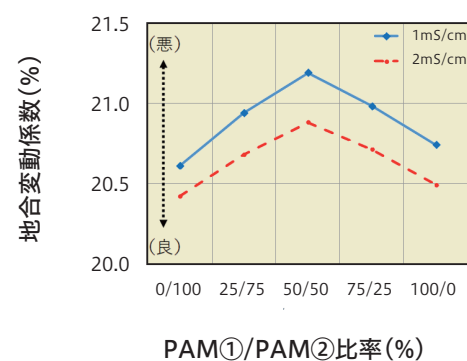


図7 混合比率と地合変動係数の関係

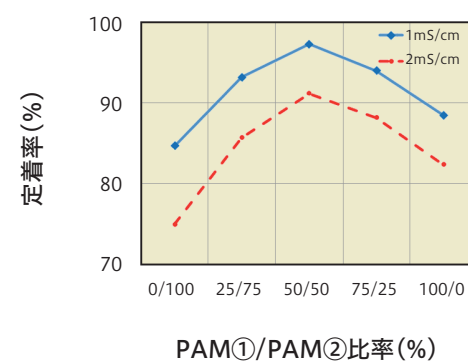


図8 混合比率と紙力増強剤の定着率の関係

(1) 凝集性について

1mS/cmと2mS/cmのどちらの条件においても、PAM①、②単独処方対比でPAM①、②混合処方は高い濾水度を示し、PAM①/PAM②=50/50混合処方が最も高くなった。両性PAMを混合することで大きなPICを形成したためと考えられる。

電気伝導度を1mS/cmから2mS/cmに高めるといずれの混合比率においても濾水度は低下したが、1mS/cmでのPAM①、②単独処方対比、2mS/cmでのPAM①/PAM②=50/50混合処方の濾水度は高い結果であった。

(2) 紙力効果について

1mS/cmの条件の比破裂強度はPAM①、②単独処方対比PAM①、②混合処方が高く、地合の影響からPAM①/PAM②=75/25混合処方が最も高い値を示した。

PAM①/PAM②=75/25混合処方で電気伝導度を1mS/cmから2mS/cmに高めると、比破裂強度は大きく低下する。しかしながら、PAM①/PAM②の混合比率を50/50にすることで比破裂強度は向上し、強度の低下幅を抑制できた。

混合処方は2種のPAMの混合比率を変えることでPICの形成度合いをコントロールできるため、電気伝導度の変化に対して両性PAMの混合比率を変更することで、略一定の濾水度・比破裂強度・地合・紙力増強剤の定着率を維持できる可能性を示唆していると考察する。

4 まとめ

本報ではイオン性の異なる両性PAM2種を混合して使用する新規混合処方について紹介した。両性PAMを混合することでより大きなPICを形成させることが可能であり、優れた紙力向上効果を発揮するとともに混合比率を変えることで凝集性のコントロールができることを見出した。この新規混合処方は抄紙環境の変化に対して両性PAMの混合比率を調整することで迅速に対応でき、安定操業に貢献できると考える。

当社では今後の環境の変化を見据えた薬品の開発を進めており、こうした取り組みを通して製紙薬品メーカーとして多様な需要に対応した薬品を供給し、製紙業界の発展に貢献していきたい。