

機能性バイオマス素材配合 新規高濃度乾燥紙力増強剤について



研究開発本部 水系ポリマー開発部 P S 1 グループ
神原 隆介 KAMBARA RYUSUKE

1 はじめに

近年、資源保護や環境への関心の高まりからバイオマス素材の活用、ライフサイクルでのCO₂の削減に注目が集まっている。段ボールはリサイクル可能な包装材であり、SDGsの観点からも重要なマテリアルと位置付けられている。輸送時に衝撃や荷重が加わっても変形しないように段ボール原紙には各種強度（破裂強度、圧縮強度）が求められるが、リサイクルを繰り返すとパルプ繊維自体の強度が低下する傾向がある。そのため、段ボール原紙の強度低下を補強する薬品として乾燥紙力増強剤が広く使用されている。当社では乾燥紙力増強剤（ポリストロンシリーズ）として主にカチオン性基とアニオン性基を有する両性ポリアクリルアミド系紙力増強剤を製造、販売している。ポリストロンの役割としては紙に強度を付与するだけでなく、パルプを凝集させることで抄紙マシンのワイヤーへのパルプの歩留まりを向上させる効果や、ワイヤー上での水切れ性を向上させる効果もある。これによって生産性の向上や紙を乾燥する工程での電力を削減することが可能であり、抄紙マシンの操業安定にも寄与している。

ポリストロンの製品形態は通常濃度15%～20%の水溶液である。SDGsの観点から製品の高濃度化が求められており、高濃度化することで輸送頻度の削減により輸送燃料由来のCO₂を削減することが可能であると考えられる。検討の結果、特定の機能性バイオマス素材を配合することで、製品濃度を高め、かつ性能を維持する試作品を開発したので以下に報告する。

2 試作品の設計

ポリマー設計を変えずに製品を高濃度化した場合、製品粘度が上昇するためポンプで送液し難くなる等、ハンドリング性が低下してしまう懸念がある。一方、製品を高濃度化し、かつハンドリング性を同じ（製品粘度を同じ）にするためには、ポリマーサイズを小さく設計する必要があるが、そうするとポリマーの分子量が低下するため、製品としての性能（パルプ凝集性、紙力増強効果）が大きく低下する問題があった。

そこで、当社の保有するポリマー重合技術を駆使することで、小さいポリマーサイズでありながら分子量を維持したサンプルを作成することに成功した。そのサンプルは分子量が低下したサンプル対比でパルプ凝集性が向上したが、従来品対比ではパルプ凝集性が低く性能低下を完全には改善できない結果であった。

当社ではこれまでバイオマス素材の活用検討を行っており、特定の機能性バイオマス素材が両性ポリアクリルアミドと強く相互作用するという知見を有していた。当該機能性バイオマス素材は単独でパルプスラリーに添加しただけではパルプを凝集させる効果は低いが、両性ポリアクリルアミドに配合することでパルプ凝集性が大きく向上するものであった。

そこで両性ポリアクリルアミドに機能性バイオマス素材を添加することによるパルプ凝集性向上を期待して検討を実施し、新たに作成した試作品が従来品と同等の性能を維持しつつ、製品濃度を高めることができることを見出した。試作品の設計イメージを図1に示す。

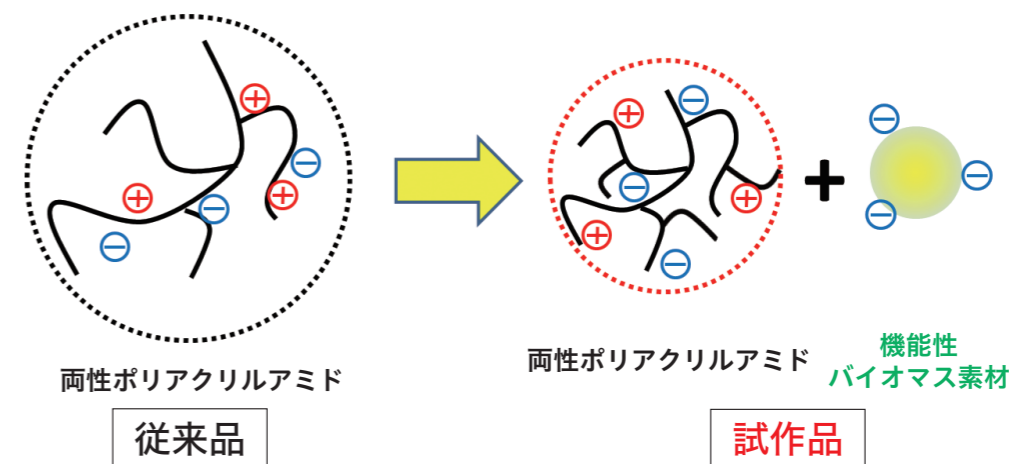


図1 試作品の設計イメージ図

3 試作品の物性

試作品の性状を **表1**、外観を **図2** に示す。試作品は製品濃度が25%と従来品と比較して高いが、製品粘度は同じであるためハンドリング性に違いはない。温度に対する粘度の変化も従来品と同等である (**図3**)。また、製品の希釈性も従来品と略同等であるため、既存の添加設備にて希釈・添加可能である。

品名	組成	不揮発分 (%)	製品粘度 (mPa・s)	pH (1%液)	分子量 (指数)
従来品	両性ポリアクリルアミド	20	7,000	3.6	100
試作品	両性ポリアクリルアミド/ 機能性バイオマス素材	25	7,000	3.6	100

表1 試作品の性状(代表値)



図2 試作品の外観

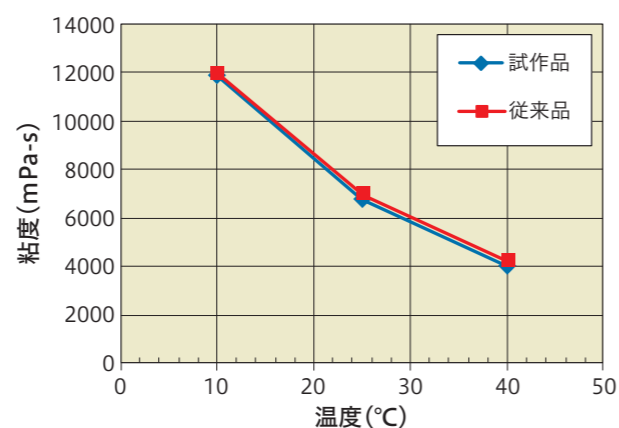


図3 試作品の温度-粘度の関係

4 試作品の特徴

試作品における両性ポリアクリルアミドと機能性バイオマス素材との相互作用について詳細は明らかになっていないが、今のところ2種類の相互作用があると考えている。1つ目はポリマー鎖同士が複雑に絡まりあう物理的な相互作用、2つ目はイオン性の相互作用である。

両性ポリアクリルアミドはカチオン/アニオンのイオン性の相互作用により大きなイオン集合体=ポリイオンコンプレックス (PIC) を形成することが分かっている。PIC形成の指標としては希釈液の濁度を測定する方法が知られており、濁度が高い程大きなPICを形成している(ポリマー間のイオン性相互作用が強い)と考えられている。

0.2%硫酸ナトリウム水溶液中における試作品および従来品の濁度測定結果を **図4** に示す。試作品は従来品とイオン組成は同じであるが、従来品と比較して強く濁ることが分かった。試作品は機能性バイオマス素材と両性ポリアクリルアミドの物理的およびイオン性の相互作用により、従来品と比較して大きなPICを形成していると推測され、パルプスラリーに添加されたときにポリマー間およびパルプ-ポリマー間の相互作用が強くなっていると考えられる。従来品対比でポリマーサイズが小さいことによる性能低下をこの強いイオン性相互作用で補うことで、パルプ凝集性、紙力向上効果が従来品対比で同等以上となることが期待できる。

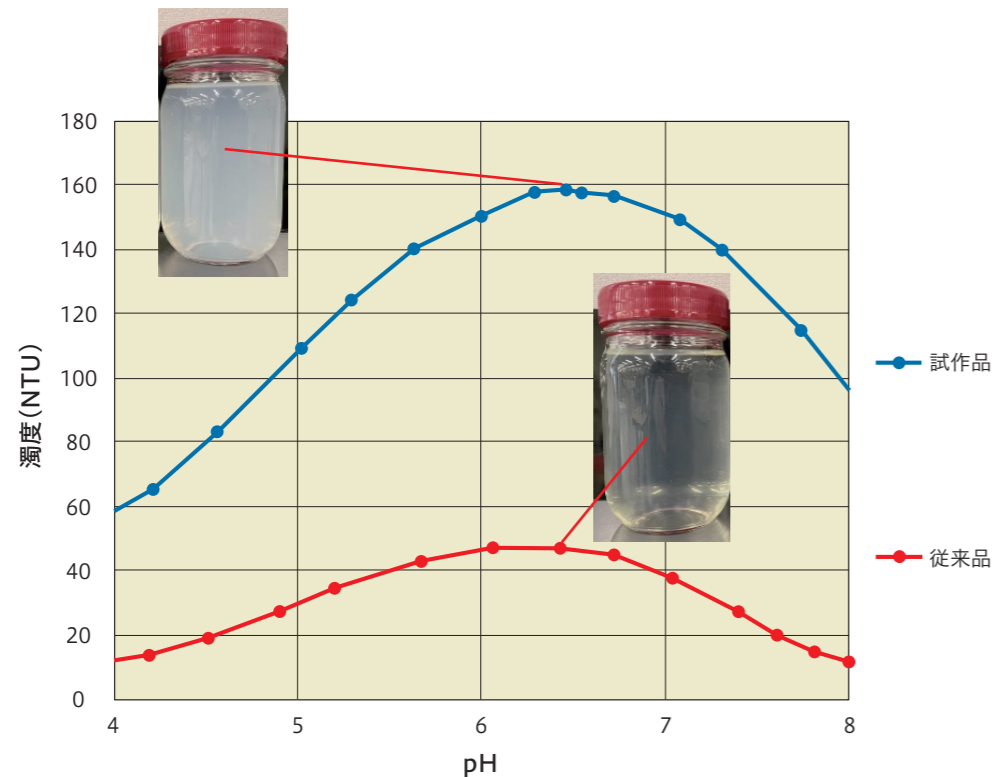


図4 試作品の濁度測定結果

5 試作品の抄紙評価

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。パルプの電気伝導度は塩化カルシウムを用いて2mS/cmに調整した。各パルプに対して硫酸バンド（固形添加率1.0%）、紙力増強剤（固形添加率0.3%、もしくは0.5%）を添加した。それらパルプの濾水量、紙力増強剤の定着率、紙の圧縮強度、破裂強度を測定した。結果を図5～図8に示す。

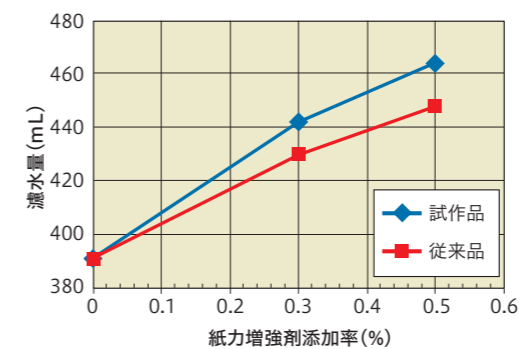


図5 紙力増強剤添加率と濾水量の関係

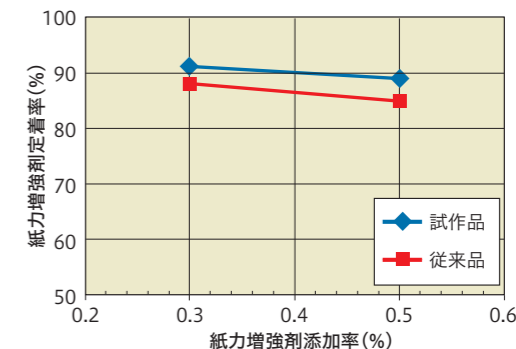


図6 紙力増強剤添加率と紙力増強剤定着率の関係

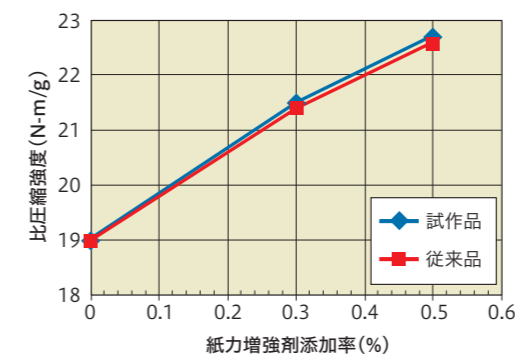


図7 紙力増強剤添加率と比圧縮強度の関係

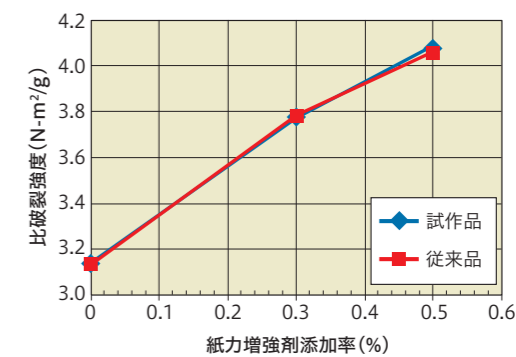


図8 紙力増強剤添加率と比破裂強度の関係

試作品は従来品対比で高い濾水量を示し、紙力増強剤定着率も高い傾向であった。一方、各種強度は従来品と略同等の結果であった。試作品は製品濃度を25%に高めつつ、同固形添加率にて性能は維持することを確認した。

紙試験条件

濾水量：JIS P8121に準じて測定した。

圧縮強度(シヨートスパン)：JIS P8156に準じて測定した。

破裂強度：JIS P8131に準じて測定した。

紙力増強剤定着率：紙中の窒素含有量を微量窒素分析装置TN-2100(旧三菱化学製)にて測定し、算出した。

6 まとめ

本報では両性ポリアクリルアミドに機能性バイオマス素材を配合することで、製品濃度を20%から25%に高め、かつ性能を維持した試作品について紹介した。今回開発した試作品を用いることで、段ボール古紙を用いた抄紙評価にて従来品対比でパルプ凝集性と紙力増強剤定着率が向上すること、各種強度は略同等であることを確認した。試作品は製品を高濃度化することで輸送頻度を削減できるため、輸送燃料由来のCO₂を削減することが可能であり、またバイオマス素材を使用しているため従来品対比でライフサイクルでのCO₂を低減させることができると考えられる。

当社では持続可能な社会の実現に貢献する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業界の発展に貢献していきたい。