

脱墨パルプ製造技術の変遷と今後の課題

日本製紙株式会社 技術本部 生産部

杉野 光広

	頁
1. 脱墨パルプを取り巻く環境の変遷	2
2. 脱墨パルプ製造技術の変遷	3
2.1 脱墨パルプ製造技術の3要素	3
2.2 要素技術1：脱墨	
2.2.1 脱墨設備	
2.2.2 脱墨薬品	
2.2.3 脱墨プロセス	
2.3 要素技術2：漂白	9
2.3.1 漂白設備	
2.3.2 漂白薬品	
2.3.3 漂白プロセス	
2.4 要素技術3：異物除去	11
2.4.1 異物除去設備	
2.4.2 異物除去薬品	
2.4.3 異物除去プロセス	
3. 今後の課題	15
4. まとめ	16

この資料は、平成20年10月7日に開催された紙パルプ技術協会年次大会前日講演会「製紙産業技術30年の変遷」での講演記録を基にまとめたものである。資料中のすべての図の著作権は講演者に属し、無断使用・複製等をご遠慮ください。

講師略歴

1988年3月 北海道大学大学院（応用化学専攻）修士課程修了

1998年4月 日本製紙(株)（旧山陽国策パルプ(株)）入社 生産技術研究所に勤務

1991年2月 同社 勇払工場勤務

1996年2月 同社 技術研究所勤務

内、1998年4月-2001年3月 北海道大学大学院（分析化学専攻）博士課程修了

2002年7月 同社 生産部勤務

1. 脱墨パルプを取り巻く環境の変遷

最初に 1965 年以降の古紙回収率と利用率の推移を右図に示します。それらは 10 年ごとに 5 つに分けることができます。第 1 期、第 3 期、第 5 期では、利用率、回収率とも増加し、第 2 期、第 4 期は停滞し、増加、停滞を繰り返しながら上昇しています。第 1 期はダンボール原紙及び機械ずき和紙の需要による増加が主な原因でした。第 2 期はダンボール原紙に、中性亜硫酸パルプ（強度対策）を使用したことで、停滞時期に入っています。その後、第 3 期は、オイルショックによって、電力価格がアップし、機械パルプから脱墨パルプへの変更が増えたことで増加しています。第 4 期は、新聞の軽量化、SL 化にともない古紙の消費が停滞しました。第 5 期では、環境問題による利用率の増加から上昇しています。第 5 期の半ば、2000 年頃から、回収率と利用率に差が出ていますが、中国を中心としたアジアへの古紙の輸出が原因です。

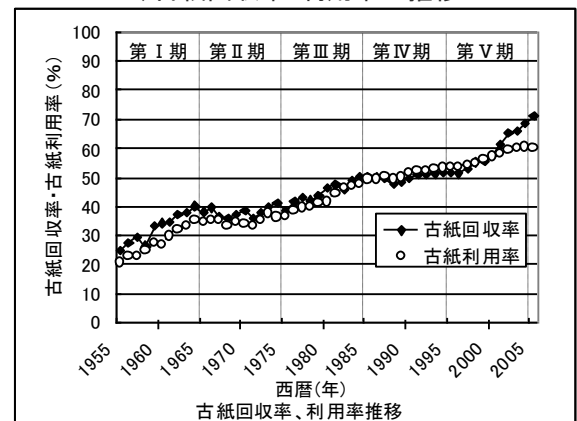
その間、古紙パルプの製造技術に大きく影響を与えた項目を整理してみました。一つは、新聞用紙の変化が挙げられます。1985 年以降のオフセット化、軽量化、そして第 5 期になると、カラー印刷対応等、新聞用紙の高品質化が進みました。二つめは、環境問題に起因しますが、古紙利用率の目標が設定されたことで、具体的な動きとして印刷情報用紙への利用率の向上、新聞古紙不足からくる雑誌古紙の利用が 1995 年以降に始まりました。最後に、これは現在の話になりますが、古紙輸出増加による集荷難から、さらに低グレードのオフィス古紙の利用が 2005 年以降（第 6 期）始まっています。また、もう一つ大きな問題としては、UV 印刷物など難脱墨印刷物が、第 5 期以降、印刷方式が多様化する中で増えてきて、この対策がいろいろ検討されています。

これを通して見ますと、第 4 期の 1985 年以降、脱墨パルプの技術が急速に進歩したと言えます。それを、新聞用紙を例にとって見てみます。1979 年、第 3 期においては、大体 10% が脱墨パルプだったのですが、86 年に 30%、2005 年には 70% と、つなぎの原料から、主原料へ、脇役から主役へ躍り出ました。これは、脱墨パルプを作る技術とともに、ウエットエンドを含めた使いこなす技術の進歩があって実現しました。

講演内容

1. 脱墨パルプを取り巻く環境の変遷
2. 脱墨パルプ製造技術の変遷
 - 1) 脱墨パルプ製造技術の3要素
 - 2) 脱墨
 - 3) 漂白
 - 4) 異物除去
3. 今後の課題
4. まとめ

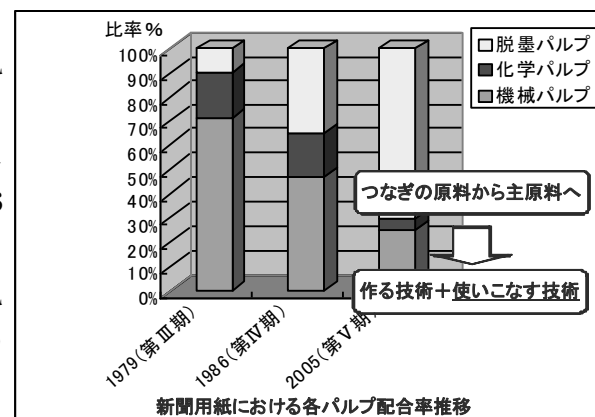
1. 脱墨パルプを取り巻く環境の変遷 1) 古紙回収率・利用率の推移



2) DIP製造技術に影響を与えた項目

- 新聞用紙の変化
 - オフセット化(第IV期)
 - 軽量化(第IV期)
 - 高品質化(第V期)
- 古紙利用率の目標設定
 - 印刷・情報用紙への利用率向上(第V期)
 - 雑誌古紙の利用(第V期)
- 古紙輸出の増加による集荷難
 - オフィス古紙の利用(第VI期)
 - UV印刷物問題(第V期～)

3) DIPの位置づけ



2. 脱墨パルプ製造技術の変遷

2.1 脱墨パルプ製造技術の3要素

脱墨パルプは、脱墨するだけでできるパルプでなく、異物を除去しなければなりません。また目標の、あるいは要求される白色度までパルプを漂白することもあります。そこで、脱墨と異物除去と漂白を、脱墨パルプ製造技術の3要素と呼んでいます。この3要素を切り口として、設備、薬品、プロセスがそれぞれの技術に関係しているので、それらを体系立てて話します。

脱墨パルプ製造技術に影響を与えた重大影響因子を考えてみます。例えば、1975年から85年、さらに95年（第4期）にかけて、新聞用紙への脱墨パルプの配合増及び新聞印刷のオフセット化が進みました。この間の課題としては、未剥離インキ、いわゆるヒゲの問題、あるいは微細インキによる紙面のくすみなどがあり、3要素の中では脱墨技術が一番注目され、いろいろ技術開発が行なわれました。それが第4期に入り、印刷情報用紙への利用が進むにつれ、白色度の高いパルプが求められ、3要素の中では漂白技術に大きな進歩がありました。第5期では、雑誌古紙の利用が進みましたが、雑誌古紙には多くの異物が入ってくるため、粘着異物などを含めた異物除去が、3要素の中で一番重点課題として取り組まれました。そして、現在はさらに低グレードのオフィス古紙の使用が少しずつ進んでおり、やはり粘着異物などの異物除去の技術開発がされています。

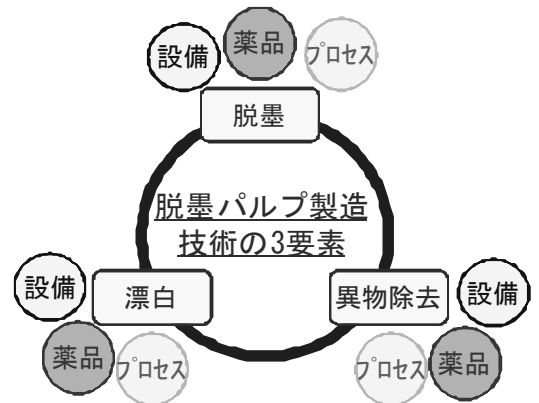
2.2 要素技術1：脱墨

脱墨では、インキ剥離とインキ除去の二つの仕事をします。設備的に、インキ剥離はパルパーと高濃度分散機、インキ除去はフローテーターとウォッシャーになります。薬品としては脱墨剤が技術のポイントになります。プロセス的には、いろいろな変遷がありましたが、熟成（ソーキング）工程の導入と二段脱墨法が技術のポイントになりました。

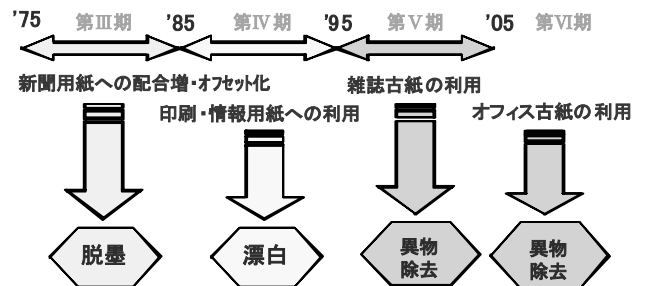
この技術の変遷を先ほどの重大影響因子と関係づけて整理したのが次ページ上図です。第3期の新聞用紙への配合増、そして4期のヒゲ状インキ対策として、高濃度パルパー、少し遅れて高濃度分散機（いわゆるニーダー、ディスパーザー）の導入が進みました。またプロセスでは、化学的なインキ剥離促進法であるソ

2. 脱墨パルプ製造技術の変遷

1) 脱墨パルプ製造技術の3要素



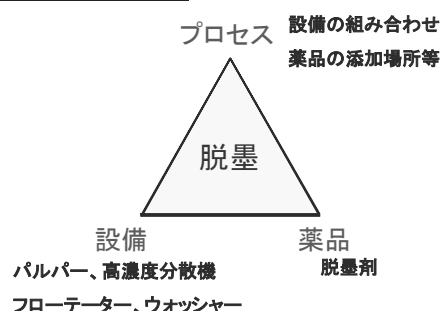
1) 脱墨パルプ製造技術の3要素 重大影響因子と3要素



2. 脱墨パルプ製造技術の変遷

2) 脱墨

インキ剥離とインキ除去



ーキング工程が多く導入されました。インキ除去の面からでは、この時代は国産のフローテーターの開発ラッシュの時代で、洗浄法からフローテーター法に移ってきた時代でもありました。その影響で、薬品もフローテーターに適している脂肪酸が多く用いられました。

第4期に入り、新聞印刷のオフセット化が進み、そして印刷情報用紙が利用される時代になって、薬品はインキ剥離性の優れた高級アルコール系誘導体に移り変わり、設備面では、フローテーターの代替として高速ワイヤータイプの洗浄機なども利用されるようになりました。プロセスでは、高白色度なDIPの要求から、二段フローテーション、洗浄機と組み合わせた洗浄フローテーションというようなプロセスも開発、導入されています。さらに、第4期から第5期の95年前後にホットディスパージョンシステム（高温で異物あるいはインキを分散させる設備）が開発導入されています。

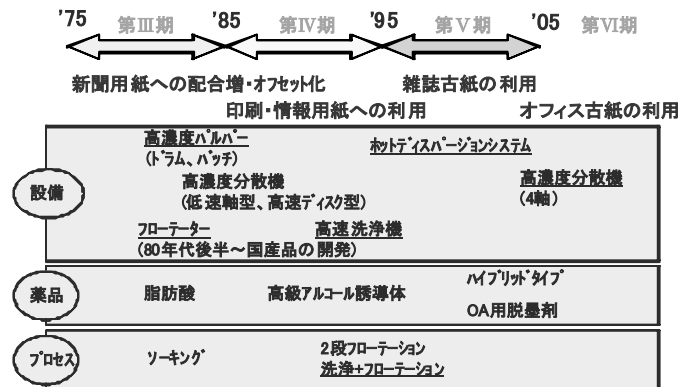
また雑誌古紙の利用が進むと、印刷の多様化に対応するハイブリッドタイプの脱墨剤、あるいはOA用、トナー用の脱墨剤なども開発され、一部使用されています。第6期に入ると、オフィス古紙に含まれる難脱墨印刷物対応として、新たな高濃度分散機である4軸ニーダーなども開発・導入されています。

2.2.1 脱墨設備

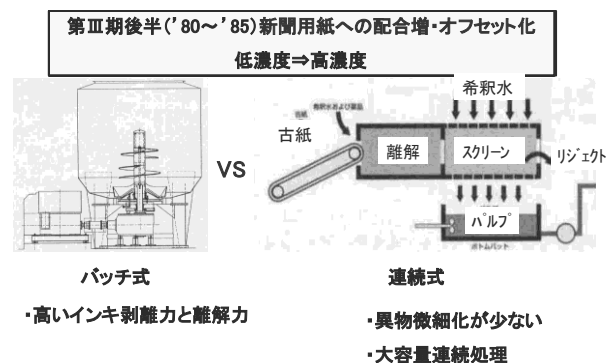
それでは、設備について詳しく述べます。パルパーは第3期後半に、低濃度から、インキ剥離の促進のため、繊維間の摩擦の多い高濃度パルパーに移りました。方式としてはバッチ式と連続式があり、バッチ式は高いインキ剥離力と離解力を有し、一方連続式は、離解ゾーンとスクリーンゾーンがあり、バッチ式ほどインキ剥離力は強くないのですが、異物微細化が少なく、どちらかと言えば異物に強いパルパーです。

第5期になり、雑誌古紙の利用が多くなると、新たな高濃度パルパーの参戦がありました。右図左側がIHIフォイトのツインドラムで、離解ドラムと精選ドラムがそれぞれ別にあり、離解ドラムの中にディスプレイーサーという部分を設けて、ニーディング作用を起こすことで、離解力と剥離力を強化したものです。また右図右側は新浜ポンプが開発して、日本車両で販売されているニーディングパルパーで、縦型の連続式パルパー

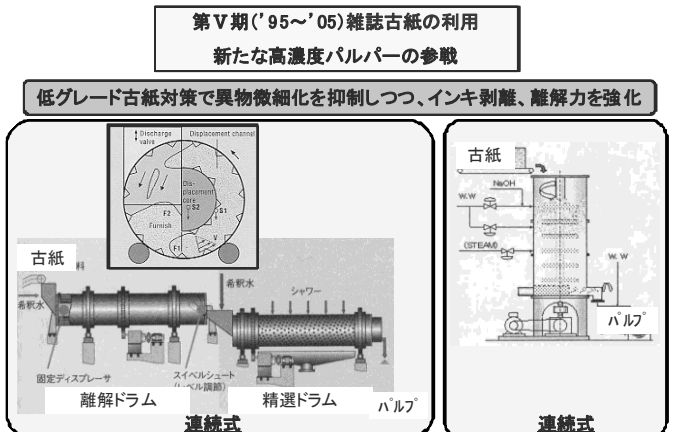
2) 脱墨 技術の変遷



2) 脱墨 設備・パルパー①



2) 脱墨 設備・パルパー②



ーにニーディングゾーンを設けることで離解力、剥離力を強化したものです。これは共に異物微細化を抑えつつ、剥離、離解力を強化したことで、低グレード古紙対策として効果を発揮していると聞いています。

もう一つのインキ剥離装置である高濃度分散機は、第3期の後半、80年代に入ってから多く工程に導入されるようになりました。一つは低速軸タイプのニーダー、もう一つは高速ディスクタイプのディスパーザーです。低速軸タイプのニーダーは、滞留時間が数分と長く、インキ剥離が非常に良好であり、日本のようにヒゲ状インキが問題視される国では、多く採用されています。一方、ディスパーザーは、滞留時間は短いのですが、衝撃力が強く、異物分散が良好で、ヨーロッパで多く採用されています。この時代は、ニーダーかディスパーザーかというのが議論になったと記憶しています。

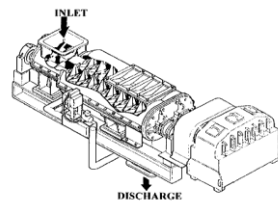
第4期以降、印刷情報用紙への脱墨パルプの利用が始まり、ここでまた新たな高濃度分散機が参戦してきました。一つは高速軸タイプで、IHIフォイトのマイカプロセッサです。非常に高速で攪拌されるので、薬液のミキシングに優れ、過酸化水素漂白に効果がある高濃度分散機でした。第5期に開発されたのが、コニカルタイプのディスパーザーです。従来のフラットタイプのディスパーザーでは滞留時間が短く、ショートパスするものが多いと懸念されたのですが、形をコニカルにすることで、繊維に複雑な動きを与えて滞留時間を延ばしています。

同じく第5期に、ホットディスパージョンシステムが開発、導入されています。これはディスパーザーの前に加熱チューブがあり、100℃以上でパルプを処理することで、インキあるいは異物の分散を強化したものです。後で述べますが、高温での漂白も可能であり、非常に画期的な装置です。これまでニーダー対ディスパーザーという議論があったのですが、このホットディスパージョンシステムが開発されたことによって、ニーダーとディパーザーのいいところを組み合わせ、高品質DIPを作っていこうという動きに変わってきました。

現在、第6期では、オフィス古紙の利用から、難脱墨インキの対応として4軸ニーダーが開発されました。それぞれの軸が別々の回転数で回っており、この装置

2)脱墨 設備・高濃度分散機①

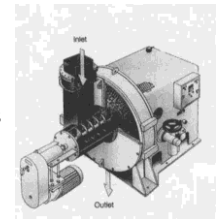
第Ⅲ期後半('80~'85)新聞用紙への配合増・オフセット化



低速軸タイプ(ニーダー)

- ・滞留時間長く、インキ剥離が良好
- ・1軸、2軸タイプあり
- ・日本で多く採用

VS

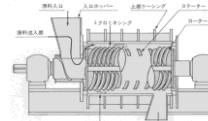


高速ディスクタイプ(ディスパーザー)

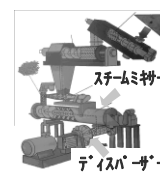
- ・衝撃力が強く、異物分散が良好
- ・欧州で多く採用

2)脱墨 設備・高濃度分散機②

第Ⅳ期以降('85~)印刷・情報用紙への利用
新たな高濃度分散機の参戦

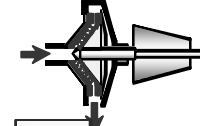


第Ⅳ期 高速軸タイプ
・薬液ミキシングに優れる

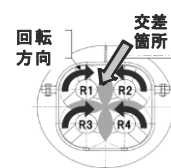


第Ⅴ期
ホットディスパージョンシステム
・高温による分散強化
・高温FAS漂白

ニーダーVSディスパーザーから
ニーダー+ディスパーザーへ



第Ⅴ期 コニカルタイプディスパーザー
・滞留時間を伸ばしたディスパーザー



第Ⅵ期('05~)
4軸ニーダー
・難微細化インキの分散に優れる

の中で原料が複雑に動くことで、硬いインキが徐々に微細化されていきます。UV等を含めた難脱墨印刷物に効果のある装置とされています。

次はフローテーターです。フローテーターは脱墨パルプ工程の心臓部と呼ばれるほど重要な装置です。第3期において新聞用紙への配合増が進んだ頃、洗浄法からフローテーション法に移り変わりました。そのときの課題は、微細インキをいかに除くかということで、いくつかの国産品のフローテーターが開発されています。一つは、散気管・回転タービン方式で、王子のOKフローテーターやIHIフォイトのMTフローテーターがあります。散気管や回転タービンによって多くのエアから細かい気泡を作ることによって微細インキを除去するというコンセプトです。もう一つはインジェクター方式です。例えば、新浜ポンプのハイフローは、クリーナーの原理を利用したフローテーターで、微細インキの除去に非常に優れています。

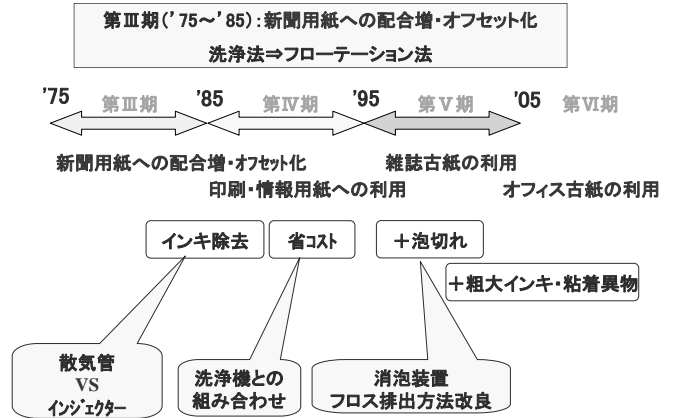
第5期において雑誌古紙の利用が始まると、雑誌古紙によって、泡が非常に立ちやすいという問題が起こり、消泡効果を持ったフローテーター、あるいはフローテーターの周りを汚さないようなタイプの開発が進められました。散気管・回転タービン方式のIHIフォイトのMT2は、密閉型のフローテーターです。また、インジェクター方式である相川鉄工のマックセルも密閉型です。共に、内部が少し加圧状態になっており、大気圧下にフロスが一気に排出されることにより泡が消えます。

フローテーター以外のインキ除去装置としてウォッシャーがあります。印刷情報紙への利用が進み、高品質の脱墨パルプが求められるようになって、設備が重装備になってきたことから、フローテーターの台数を減らせないかということで、開発・導入されたのが、高速ワイヤータイプの洗浄機です。これは入口濃度が2-3%、出口が8-10%で、フローテーターに比べて高濃度で処理できます。そして、プレ脱水機としても使えるため、多くの工程で導入されています。ワイヤータイプの洗浄機以外にも、ドラムタイプのものが用いられる例もあります。

2.2.2 脱墨薬品

次に薬品に移ります。第3期にフローテーション法

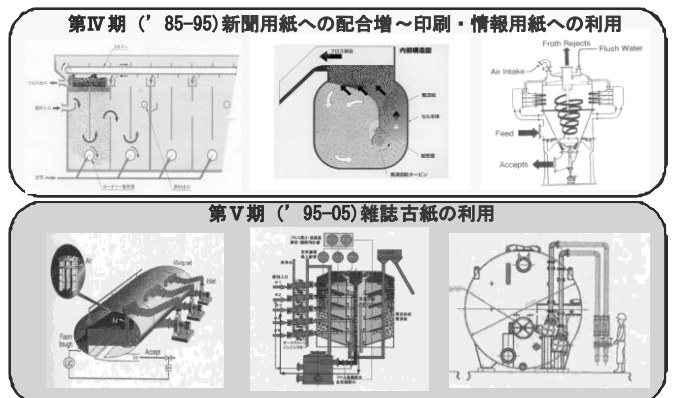
2) 脱墨 設備・フローテーター①



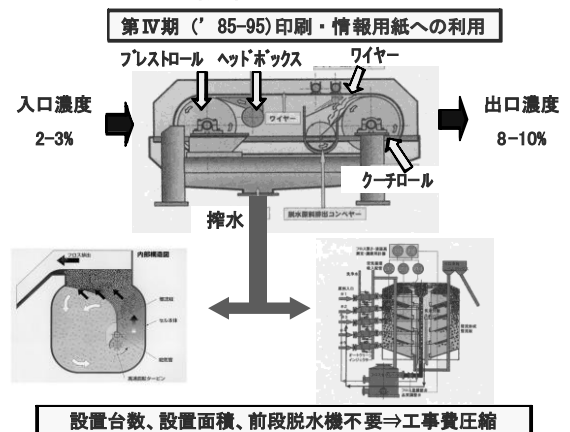
2) 脱墨 設備・フローテーター②

	フローテーション効率に影響を与える因子		
	インキと泡の接触	フロス層への泡の移動	フロスの分離
散気管方式	接触時間重視 並列設置	セルの一部利用	スキマー、自然、加圧
インジェクター方式	接触回数重視 直列設置	セル殆ど全て利用	自然、吸引、加圧

2) 脱墨 設備・フローテーター③



2) 脱墨 設備・ウォッシャー

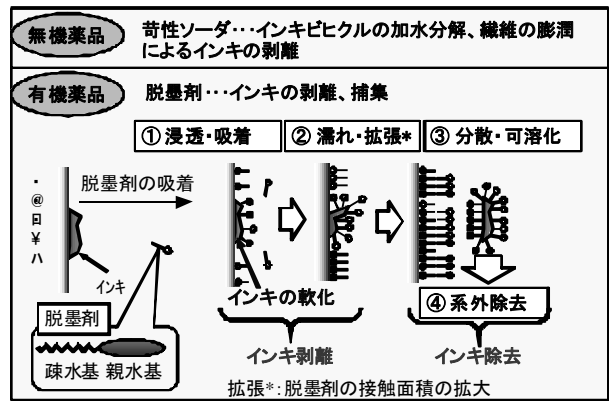


に移行してきた時代には、脂肪酸が多く使われていました。脂肪酸は、インキ捕集力に優れています。簡単に原理を説明します。インキの周りに脂肪酸が吸着します。そこにカルシウムイオンを加えると、脂肪酸カルシウム塩になります。脂肪酸カルシウム塩は非常に疎水性が高く、疎水凝集し、泡に付着してフローテーターから除去されます。第4期に新聞印刷のオフセット化が進みます。その結果、インキ剥離が難しいという問題が生じ、インキ剥離力に優れた脱墨剤が求められるようになりました。そこで高級アルコール系脱墨剤の採用が進みました。この間に、脂肪酸誘導体、あるいは油脂誘導体等、いくつか開発・利用されたのですが、最終的には高級アルコール系に絞られています。この高級アルコール系は、アルキル基とエチレンオキシドあるいはプロピレンオキシドのポリマーで、その配列によってブロック体、ランダム体などがあり、それぞれ特徴を持っています。そのため、工程に合わせて作れる利点があります。ただし、脂肪酸に比べて、インキ捕集力が劣るという課題がありました。次の時期の印刷情報紙への脱墨パルプの利用においては、剥離性と凝集性を兼ね備えたハイブリッドタイプである高級アルコールプラス脂肪酸や、高級アルコール系プラスカチオン薬剤といったものが開発され、一般的となっています。

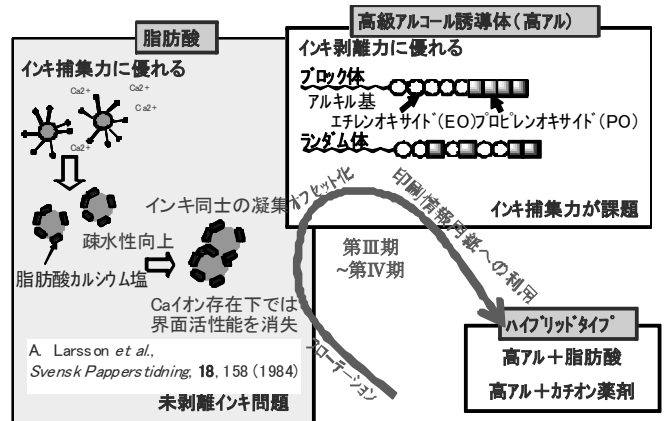
このハイブリッドタイプの変遷に少しふれます。第5期に雑誌古紙の利用が始まり、先ほど設備の説明でも述べましたが、発泡が問題になりました。そこで、動的表面張力の比較的高い低発泡タイプの脱墨剤が開発・導入されるようになりました。また、第6期に入り、オフィス古紙の利用が進む中で、トナー対応の脱墨剤の開発が行なわれています。新聞印刷の場合、表面張力が33mN/mぐらいのところでは未剥離インキが最も低くなりますが、トナーの場合、もう少し疎水性の強い脱墨剤で、30mN/mぐらいのところでは低い未剥離インキ指数を得ています。それぞれ印刷物によって適した脱墨剤が違うという一例です。このように、脱墨剤も高機能化が図られており、粘着異物除去率の高い脱墨剤、灰分除去率の高い脱墨剤、サイズ剤の低下の少ない脱墨剤等が開発、一部利用されています。

2.2.3 脱墨プロセス

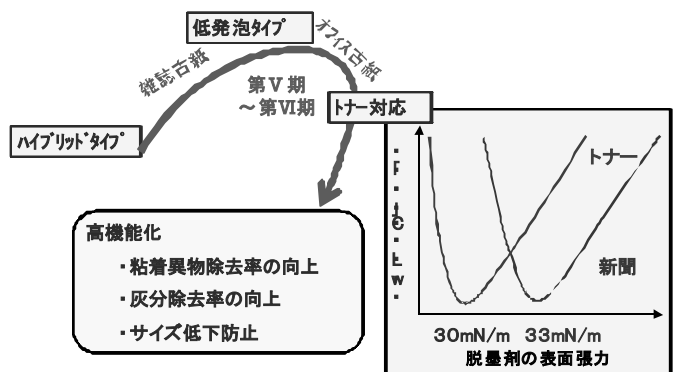
2) 脱墨 薬品・役割とメカニズム



2) 脱墨 薬品・脱墨剤の変遷①



2) 脱墨 薬品・脱墨剤の変遷②

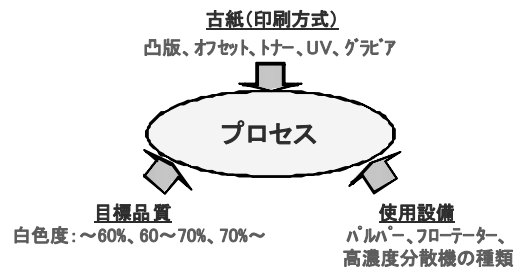


脱墨のプロセスについて話します。プロセスは、どのような印刷方式の古紙を使うのか、あるいはどのような品質の脱墨パルプを目標とするのか、また、設備は何を使うのかによって、いろいろ考え方が変わってきます。ここ 30 年間に総括してみますと、日本では、次の三つが特徴として挙げられます。一つは熟成(ソーキング)工程の導入で、日本独自の技術です。次が二段脱墨法の考え方で、これは印刷情報用紙への脱墨パルプの使用以降開発、導入されています。三番目は、オンライン測定器、エマージェンシータンク、リターンライン等の設置です。時間の関係から最初の二つを話します。

ソーキング工程は、第 3 期の新聞用紙への配合増と新聞印刷のオフセット化の流れの中で、ヒゲ状インキ対策として組み込まれました。もともとは家庭紙メーカーが、夜間仕込みや騒音対策のため原料ストックとして用いてきたのですが、その後、化学的インキ剥離促進法として用いられ、さらに高品質の脱墨パルプが必要になった段階で機械的剥離促進法、いわゆるニーダーやディスペンサーに移り変わっていきました。工程として、離解の後、熟成において、その後フローテーションします。熟成の条件は、パルプ濃度 15-20%、pH が 10-11、温度が 50-60℃、滞留時間は 2-3 時間。効果としては、インキ剥離が進み、省電力となり、過酸化水素漂白を同時に行なうことができます。20 時間も熟成を行なえば、未剥離インキはほとんどなくなりますが、実際は 2-3 時間で、50%程度のインキが剥離した段階で、次の工程に送られるのが一般的でした。

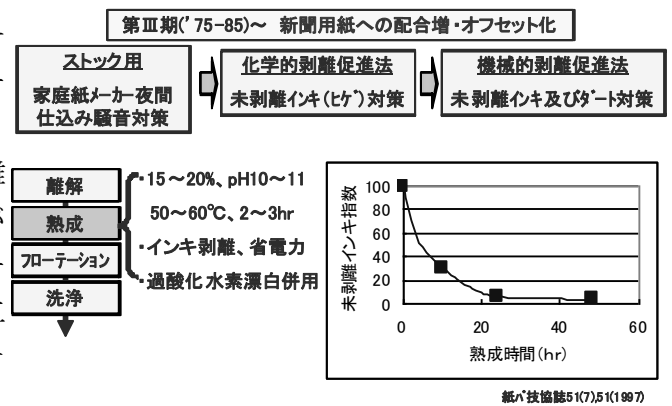
二段脱墨法は、第 4 期の印刷情報用紙への脱墨パルプの利用において、高白色度化が必要になり、脱墨効率を向上させるため、工程の中に 2 箇所インキを除去する工程を設けました。また第 5 期に雑誌古紙の利用が始まると、ダートや粘着異物対策が重要になり、そのために高濃度分散機の後にフローテーションを置く考えが生まれました。たとえば、古紙を離解した後、脱墨工程で一度剥離したインキを除去することで、高濃度分散機で過度なインキの微細化を防止しながら頑固なダートや粘着異物を細かくして、次の脱墨工程で除去するフローになっています。この最初の脱墨をフローテーターで行なうか、あるいは洗浄で行なうかという議論があります。一例を右図で示しますが、工程

2) 脱墨プロセス

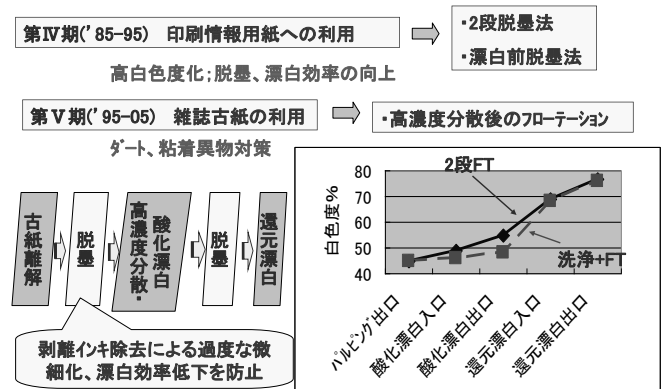


・熟成(ソーキング)工程
・高濃度分散機とインキ除去設備の配置(2段脱墨法)

2) 脱墨プロセス・熟成(ソーキング)



2) 脱墨プロセス・2段脱墨法



まとめ

過去30年間の脱墨技術のポイント

- 新聞オフセット化及び配合率向上⇒インキ剥離、除去の効率化
 - ・インキ剥離…パルパーの高濃度化、高濃度分散機の導入、高級アルコール系脱墨剤の使用、熟成の導入
 - ・インキ除去…フローテーション法への移行
- 印刷・情報用紙へのDIP配合⇒インキ除去強化、ダート低減
 - ・インキ除去…2段脱墨法の採用
 - ・ダート低減…2段分散法(後段:ホットディスパーションシステム)の採用
- 雑誌、オフィス古紙の利用⇒ダート低減、フローテーション効率向上
 - ・ダート低減…新規高濃度分散機の開発
 - ・フローテーション効率向上…ハイブリッド脱墨剤、OA用脱墨剤の使用

の前段では、白色度は二段フローテーションを用いたほうが若干高くなっていますが、後段で洗浄フローテーションのほうが挽回し、完成パルプではほとんど変わりません。

2.3 要素技術 2：漂白

次に二つめの要素技術である漂白に移ります。漂白では、薬液のミキサーとして使用される高濃度分散機が技術のポイントになります。薬品としては、酸化漂白として、過酸化水素漂白、オゾン、ハイポがあり、還元漂白としてはヒドロサルファイト、FAS があります。プロセス的には酸化還元二段漂白の考え方と導入が技術的なポイントです。

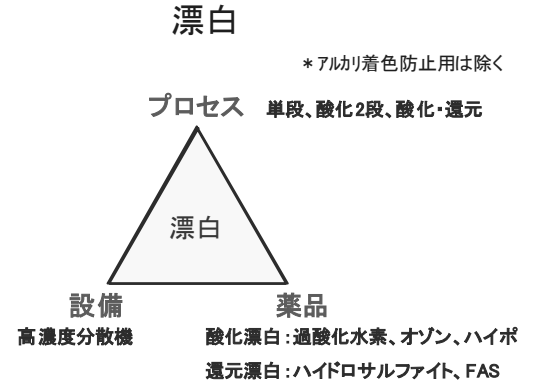
まず、技術変遷の概略を整理します。第 3 期の新聞用紙への配合増、オフセット化の時代では、ヒゲ状インキの問題から、高濃度分散機の導入（薬液ミキサーとして）が進みました。この時代はまだ高白色が要求されていなかったので、新聞系は過酸化水素、上質系はハイポを用いてソーキングするのが一般的でした。その後第 4 期に入り、印刷情報用紙への利用が始まると、高い白色度の脱墨パルプが必要となり、過酸化水素とヒドロサルファイトの二段漂白になります。この二段漂白は二段フローテーション、あるいは洗浄フローテーション工程の中で、うまく収められるようにプロセスを確立していきました。

2.3.1 漂白薬品

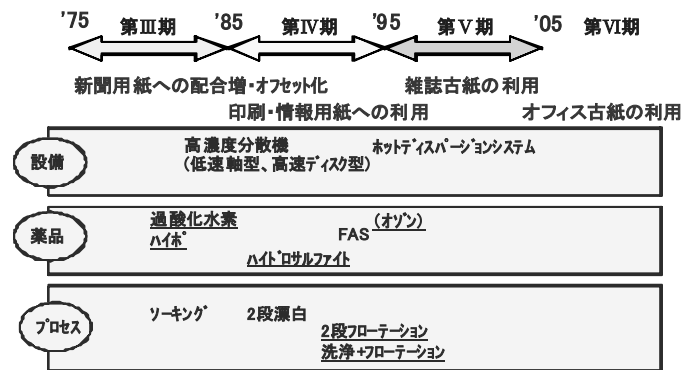
薬品面では、90 年に入り、FAS（フォルムアミンジスルフィン酸）が使用され始めますと、ヒドロサルファイトが衰退していきました。さらにオゾンが、漂白剤としての研究されたのですが、日本では導入はされませんでした（アメリカで、一部の工場での導入例あり）。設備的には、ホットディスパーションシステムによる高温漂白が、95 年に導入されています。漂白に関しては、第 4 期に大きく技術が進歩したことが分かります。

右図は薬品と古紙品質について整理したものです。古紙を、機械パルプの含有量で整理しますと、新聞古紙、オフィス古紙、上質古紙の順に機械パルプが少なくなります。雑誌古紙の場合、更系の雑誌古紙かコート系の雑誌古紙かで、大きく変わります。コート系の

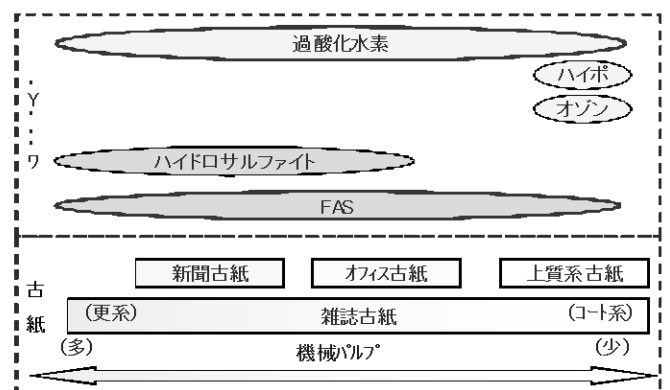
2. 脱墨パルプ製造技術の変遷



3) 漂白技術の変遷



2) 漂白薬品・各漂白剤の特徴と対象古紙



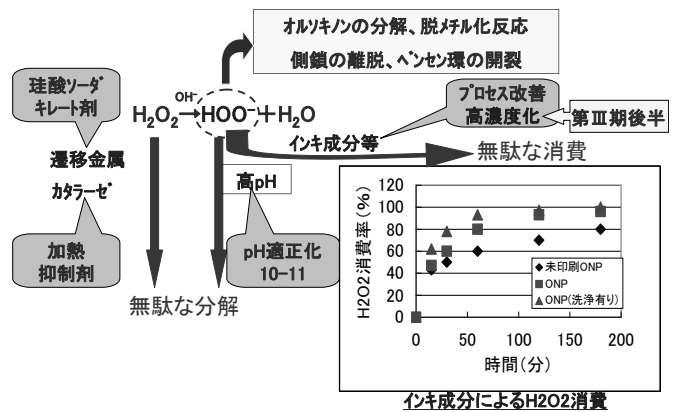
雑誌古紙、あるいは上質系古紙には、従来ハイポが（海外ではオゾンなども）利用されていましたが、このような古紙にも機械パルプが結構入ってくるようになり、徐々に過酸化水素漂白に移ってきています。またヒドロサルファイトは、さらに還元力の強いFASに移ってきており、どの古紙においても、高い白色度を望む場合、過酸化水素とFASの組み合わせ漂白が一般的になってきています。

過酸化水素はアルカリ条件下で過酸化水素イオンを発生させ、リグニンのオルソキノンの分解、あるいは脱メチル化反応等で、着色部分を無色化します。ただし、過酸化水素イオンは遷移金属、カタラーゼ、あるいは高pHで、分解してしまうため、適正なpH（10-11）、ケイ酸ソーダやキレート剤の併用、カタラーゼについては加熱やカタラーゼ抑制剤の使用で対応します。一方、インキがどのような影響を与えるか調べたのが右図です。未印刷の新聞古紙と印刷した新聞古紙では、明らかに未印刷のほうが漂白剤の消費率が低く、インキが無駄に過酸化水素を消費していることがわかります。このような知見を基に、漂白の高濃度化、あるいはプロセスの改善が行なわれました。還元漂白剤のFAS（フォルムアミンジスルフィン酸）は、アルカリ条件下でスルフィン酸ナトリウムを生成し、これがキノイド、 α 、 β 不飽和アルデヒドおよびケトン等の発色団を還元します。ヒドロサルファイトに比べて、高いpH（9-11）で漂白し、酸素に安定で、染料の脱色に優れる等、脱墨パルプの漂白に有利ということで、使用が拡大してきました。基本的なデータを右図に示します。高温（80℃）、高濃度のほうが白色度の増加が大きいです。ただ、あまり高すぎると下がってしまいます。これは、還元されたところが酸化される可能性を示しています。高温高濃度で漂白する場合、反応終了後に温度、あるいは濃度をさげる工夫が必要です。

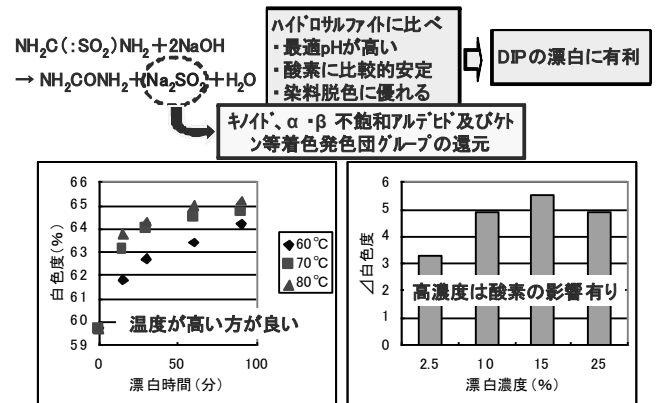
2.3.2 漂白設備

次に設備について話します。高濃度分散機は、漂白工程の高濃度ミキシングとして用いられます。しかし、低速でミキシング効果も不満足ということから、第4期に高速軸タイプのマイカプロセッサが開発されました。これは高速でローターを回し、十分にミキシングして、少ない薬品で高い白色度を得ることができる

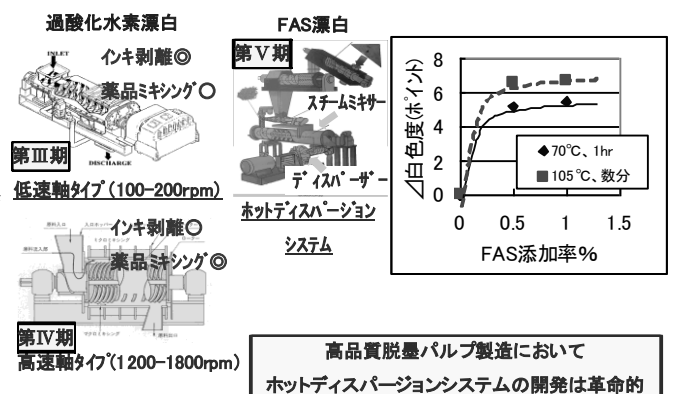
3) 漂白 薬品・過酸化水素漂白



3) 漂白 薬品・FAS



3) 漂白 設備・高濃度分散機



装置です。ついで、第5期にホットディスパージョンシステム（FASの漂白に利用される）が開発されました。これは、ディスパーザーの前に加熱チューブがあり、ここで高温FAS漂白を行ない、最後にディスパーザーでダメ押しをして、ここから先が重要なのですが、パルプを希釈して（約4%）排出します。この技術が取り入れられたことで、高温での漂白が可能になりました。従来の70℃で1時間のコンベンショナルな漂白に比べ、105℃数分間で漂白したほうが約2ポイント高くなります。このホットディスパージョンシステムというのは、非常に革命的な開発であったと考えます。

2.3.3 漂白プロセス

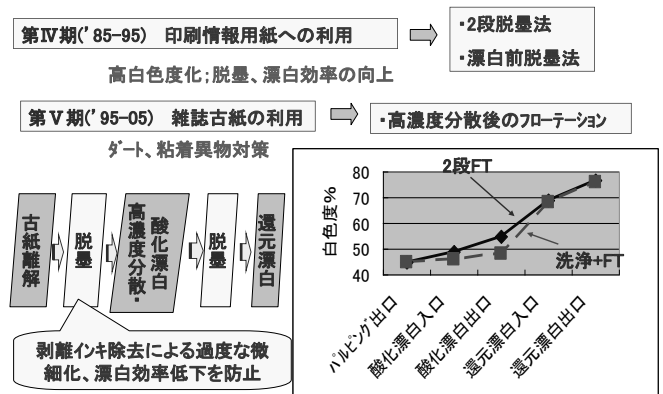
漂白のプロセスの考え方が固まってきたのも、やはりこの第4期の印刷情報紙への利用の時代です。この酸化還元二段漂白のプロセスは、いくつかポイントがあります。一つは、酸化漂白に入る前に脱墨工程を有し、漂白阻害物質（先ほどデータでしめしましたインキ等）を除去します。酸化漂白の後、脱墨、除塵、脱水とできるだけ多くの工程を入れます。理由は、過酸化水素漂白の出口で、色戻りを防ぐためにある程度過酸化水素を残します。それを徐々に消し去って、次の還元漂白で悪さをさせないようにします。還元漂白が終わった後は洗浄、脱水を十分に行なって、還元漂白剤のキャリーオーバーを防止します。FASが残っていると、調成工程での染料を阻害します。

2.4 要素技術3：異物除去

三つめの要素技術、異物除去について説明します。設備的にはパルパーとスクリーン、特にスクリーンの進歩が技術的なポイントになっています。この異物除去に関し、重大影響因子との関係を時代と共に見てみます。第3期の新聞用紙への配合増の時代では、高濃度パルパーへの移行が進み、スクリーンは多機能機、いわゆる複合機の開発が行われ、バスケットはプロファイル技術の導入が進められました。

次に大きな動きがあったのが、雑誌古紙の利用の時代である第5期です。このとき、パルパーでは異物破砕抑制型のローターが開発、多くの工程で採用され、スクリーンも組み立て型バスケット（いわゆるバーバ

2) 脱墨 プロセス・2段脱墨法

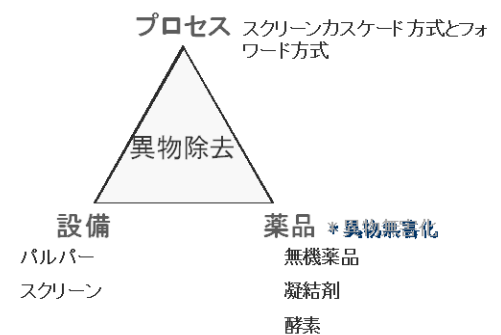


3) 漂白 まとめ

過去30年間の漂白技術のポイント

- 新聞オフセット化及び配合率向上⇒過酸化水素漂白の効率化
 - ・高濃度化・・・高濃度分散機の導入
- 印刷・情報紙へのDIP配合⇒高白色度化
 - ・漂白方法の効率化・・・酸化・還元2段漂白の採用、前段インキ除去法の採用、プロセス改善
- 雑誌、オフィス古紙の利用⇒脱色性改善
 - ・FAS漂白効果の向上・・・ホットディスパージョンシステムの導入

2. 脱墨パルプ製造技術の変遷 異物除去



スケット、ウェッジワイヤータイプ)の開発、導入が行なわれています。スリットも0.15mm以下で、0.12mmというのも導入されています。またこの時代、マイクロ粘着物がクローズアップされ、凝結剤の使用が開始されています。またスクリーンの進歩に伴い、クリーナーを省エネのため停止する、スクリーンの投資額を抑えるという意味で設備配置の方法の見直し等も行なわれています。

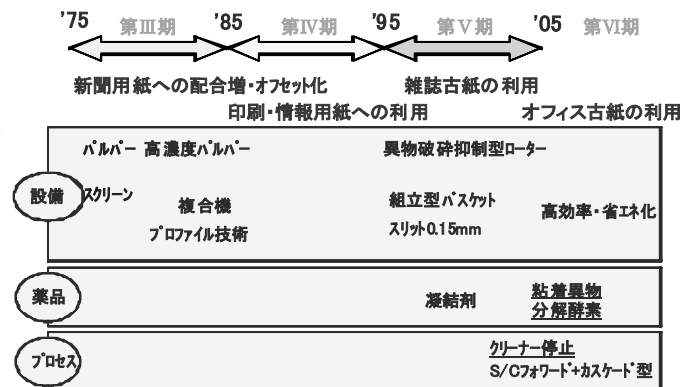
第6期になりますと、オフィス古紙の利用が始まり、スクリーンは高効率、省エネ化の方向に大きく動いてきます。また薬品は、凝結剤のほかに粘着物分解酵素（これはアメリカから入ってきた技術）も使用されてきています。

異物といいますと、粘着異物がすぐ頭に浮かびます。この粘着異物は脱墨パルプ製造が始まった時代から問題でしたが、特に雑誌古紙以降重要な課題になりました。雑誌の背のり、シール等、化学接着剤に起因して発生します。現実には、インキ等を巻き込んで真っ黒の異物として、マシン・印刷機上でのトラブルや紙面上のダートトラブルになります。分類としては二つの分け方があます。一つは大きさで分ける方法、もう一つは発生方法で分ける方法です。大きさで分けると、100ミクロン以上のものをマクロ粘着異物、100ミクロン以下のものをマイクロ粘着異物（これを150ミクロン、あるいは75ミクロンとする場合もあります）です。マクロのほうはスクリーンなどで形状分離、マイクロのほうはフローテーターで浮上分離、あるいは化学的に薬品で改質するという対策がとられます。発生方法で分類しますと、ただ単純に工程を経て微細化して、最後まで残ったものを1次粘着物、途中で溶解あるいはコロイド状まで細くなったものが、何らかのショックで凝集したものを2次粘着物といいます。この1次粘着物は、細かくなならないような離解プロセスの改善が必要ですし、2次粘着物は凝集するようなショックを与えないプロセスの改善が必要になります。

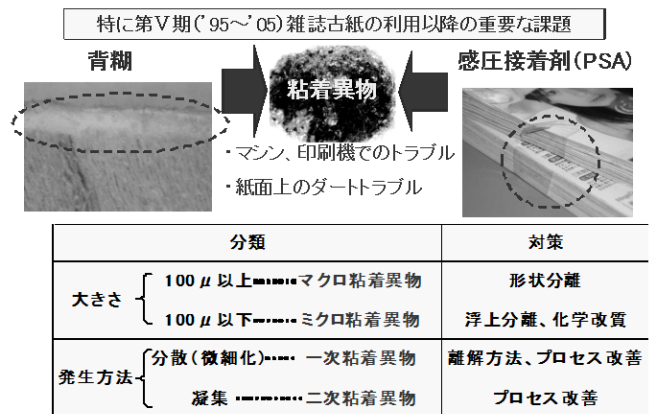
2.4.1 異物除去設備

最初に、異物除去設備について話します。まずパルパーです。第3期に低濃度パルパーから高濃度パルパーへ移ってきたとは先ほど脱墨のところでも述べました。その評価を右図で示します。低濃度パルパーは、ロー

4) 異物除去技術の変遷



4) 異物除去 粘着異物とその分類

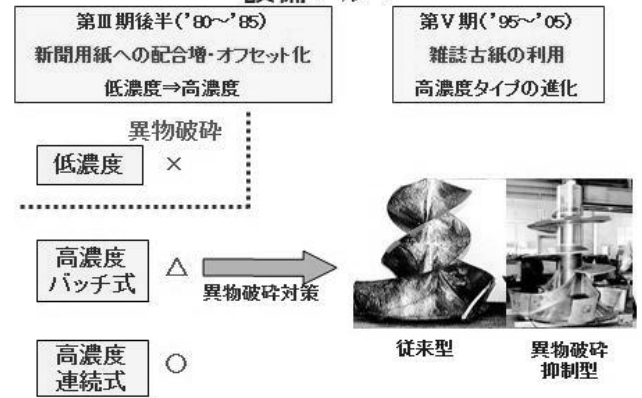


ターで古紙を直接離解するため、異物破碎には×印です。一方、高濃度タイプは、それに対して△ないし○印となっていますけれども、一番良いのはドラムパルパーいわゆる連続式のパルパーでした。しかし、第5期になり、バッチパルパーでの異物破碎対策として、新たなローターが開発されています。異物破碎抑制型では、ローターの角度が従来型より寝ており、原料に加わる力はやわらかく、異物が微細化しにくいとされています。

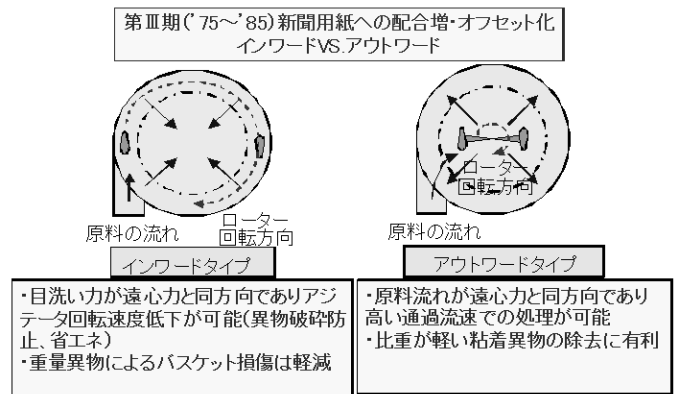
もう一つ重要な設備がスクリーンです。1970年ころから密閉型のスリットスクリーンが使い始められ、インワード型かアウトワード型かが議論されました。インワード型はバスケットの外から内に原料が流れ、目洗いのフォイルは外側を回ります。一方、アウトワードタイプは、原料が内から外に流れ、目洗い用のローターはバスケットの内側を回ります。インワードタイプは、目洗い力が遠心力と同じ方向なので、アジテーターの回転速度を下げることができ、粘着異物の微細化防止につながるという主張があります。また重量異物は遠心力で外に行くので、バスケットを傷つけないとも言われております。一方アウトワードは、原料の流れが遠心力と同じ方向なので、通過流速が高く設定でき、また粘着異物は比重が軽いので中心に集まるので、除去率はこちらのほうが高いという主張がなされています。今でもインワードかアウトワードかという議論がつづいています。スクリーンの中で最も画期的に進歩したのがバスケットです。第2期の65-70年に、スリットスクリーンが出始めました。表面に凹凸がないフラットタイプで、非常に処理量が少なく、スリットも0.35mmぐらいで操業されていました。70年代に入って、乱流を起こさせて通過量を増やすバツフルパータイプ、80年代に入り、溝を設けて各スリットのところで小さい乱流を発生させるプロファイルタイプのスクリーンが開発されました。このプロファイルタイプのスクリーンの開発によって、0.15mmまでスリットが狭められてきています。

第5期の雑誌古紙の利用に入り、組み立て型バスケット（バータイプ、ウェッジワイヤータイプと呼ばれるもの）が開発されました。これにより、スリットの精度が上がリ、さらなるスリットの幅狭化が可能になり、低グレード古紙の利用拡大に大きく寄与しました。

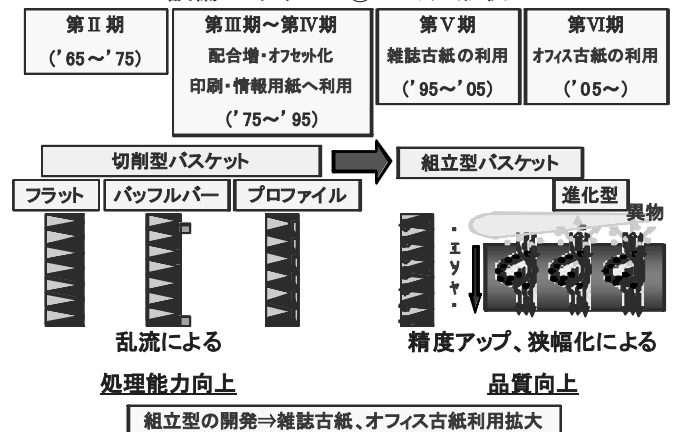
4) 異物除去 設備・パルパー



4) 異物除去 設備・スクリーン①インワード、アウトワード



4) 異物除去 設備・スクリーン②バスケット形状



がそれぞれ報告されました。栗田工業の方法は、試料に特殊な形状のローターと SUS のフォイルを入れ、攪拌します。原料がフォイルの表裏に垂直方向、水平方向に流れて、疎水性物質はこのフォイルに吸着します。それを画像処理で測定する評価法です。BASF の方法は、ピッチに特殊な蛍光染料を付着させ、レーザーでその蛍光強度を測ります。蛍光強度は粒径と比例するので、粒径分布がとれます。このような手法で、その対策薬品がどのように効いている評価するものです。

このマイクロ粘着物の対策として主に行なわれているのは、タルクの添加以外に、凝結剤の添加、酵素の添加があります。凝結剤は、基本的にマイクロ粘着物を凝集させないで、うまく繊維に定着させ、紙に抄き込むという考え方です。一方、酵素はエステラーゼで、マイクロ粘着物をエステル分解し、親水化して分散、安定化させるものです。工程によって効く、効かないがあり、メカニズムの解析が今後の課題になると思います。

2.4.3 異物除去プロセス

プロセスでは、スクリーンの配置方法がポイントになります。第 5 期に古紙の品質が悪くなってくると、スクリーニング工程が重装備化されていきます。従来、フルカスケード方式が一般的なプロセスでしたが、スクリーンの進歩と共に、2 次先送り（2 次フォワード方式）というのが採用されるようになってきました。ただ、アクセプト品質はカスケードのほうが優れていたため、次の方策として、I H I フォイトより 2 A B プラス 3 A B 方式が提案されています。これは、2 次、3 次をタンデムにしたタイプで、アクセプトの粘着物量はカスケード方式と同じで、大幅なコスト削減、投資額、工事費の削減ができると報告されています。

3. 今後の課題

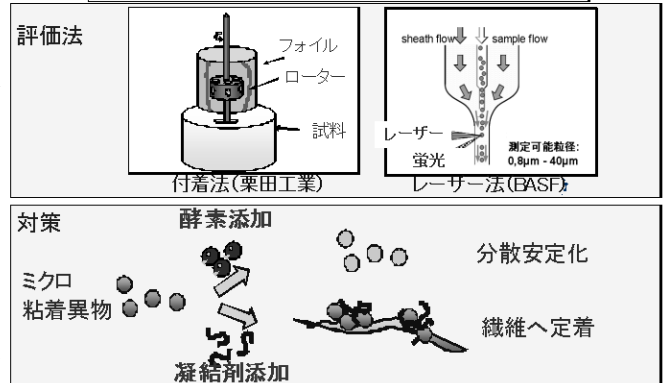
ここからは今後の古紙利用における課題について述べます。やはり環境に配慮した古紙の利用が重要になると思います。具体的には、電力原単位、薬品原単位、用水・排水原単位の削減です。水の使用はできるかぎり減らしていかなければならない課題です。そのため、例えば中性脱墨、タンクレス化、水処理強化等を進めなければなりません。ただこれだけでは、なかなか環境に配慮した古紙の利用は実現できないと思い

4) 異物除去

薬品

第 V 期('95~05)

雑誌古紙利用の拡大とともにマイクロ粘着異物対策が課題

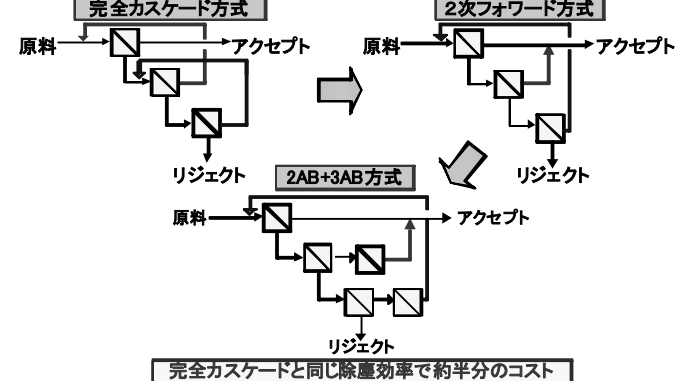


4) 異物除去

プロセス

第 V 期('95~05)

経済性+効率



4) 異物除去

まとめ

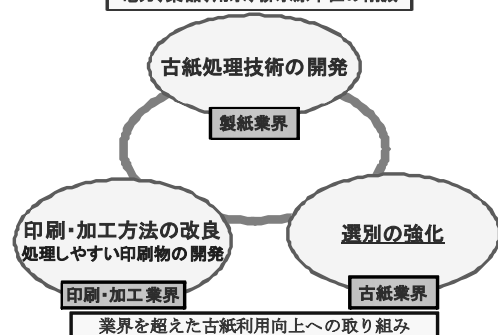
過去30年間の異物除去技術のポイント

- DIP 配合率向上⇒異物微細化防止、除塵効率アップ
 - ・パルピングの高濃度化・・・ドラム型、タブ型
 - ・スリットスクリーンの効率化・・・プロファイルバスケット
- 雑誌、オフィス古紙の利用⇒粘着異物対策
 - ・スリットスクリーンの効率化・・・組立型バスケット
 - ・微細粘着異物対策の確立・・・評価法、酵素、凝結剤処理
- 省エネ・省コスト
 - ・多機能設備の開発・・・複合機
 - ・スクリーンの効率化・・・ツインレット方式、内部循環方式、プロセス改善

3. 今後の課題

環境に配慮した古紙の利用

電力、薬品、用水、排水原単位の削減



ます。古紙回収での選別の強化をお願いしなければなら
ないですし、印刷加工方法の改良、処理しやすい印
刷物の開発をしていただかなければなりません。つま
り、業界を超えた古紙利用向上への取り組みが重要に
なってくると思います。

その一例として、リサイクル対応型紙製商品開発促
進対策事業（ちょっと長いですが）の活動を紹介します。
これは日本産業印刷連合会を中心に、いろいろな
参加団体があり、日本製紙連合会も参加しています。
99年から、リサイクル対応型ホットメルト接着剤の開
発および評価法、同じくリサイクル対応型シールのリ
サイクル適性評価等、毎年テーマを掲げて活動してい
ます。例えば2007年は、ファンシーペーパーのリサイ
クル適性評価なども行ないました。

この中で、成果が上がった例が、リサイクル対応型
ホットメルト接着剤の普及です。この活動の中で、リ
サイクル対応型ホットメルト接着剤の評価法も確立し
ました。ホットメルトのフィルムを新聞古紙と混ぜて、
離解機で離解し、その後、10カットと6カットのスク
リーンで処理し、10カットパス、6カットオンの個数
を測かります。従来型ですと大体60個という数値です
が、リサイクル対応型ホットメルトは30個と、半減し
ています。この活動を始めたことで、現在ではホット
メルト接着剤はリサイクル対応型に移ってきています。

4. まとめ

以上より、30年間の脱墨パルプ製造技術の変遷を総
括をしてみます。脱墨パルプは、ここ30年間で補助原
料から主原料へ位置づけが変わりました。主な古紙源
である新聞の質的变化、環境問題対策としての古紙利
用率目標の設定、印刷技術の多様化および古紙輸出増
に伴う集荷難、このようなことで脱墨パルプ製造技術
は、特に第4期の1985年以降大きく進歩しました。ま
た、脱墨パルプ製造技術の3要素、脱墨、漂白、異物
除去は、時代と共に技術の焦点が変化してきており、
最近では異物除去が課題となっています。

最後ですが、今後の脱墨パルプは、環境に配慮した
製造技術の確立が課題で、製紙業界だけではなくて、
関連する印刷業界、古紙問屋等の協力を得ながら進め
なければならないと考えております。

どうもご清聴ありがとうございました。

3. 今後の課題 リサイクル対応型紙製商品開発促進対策事業

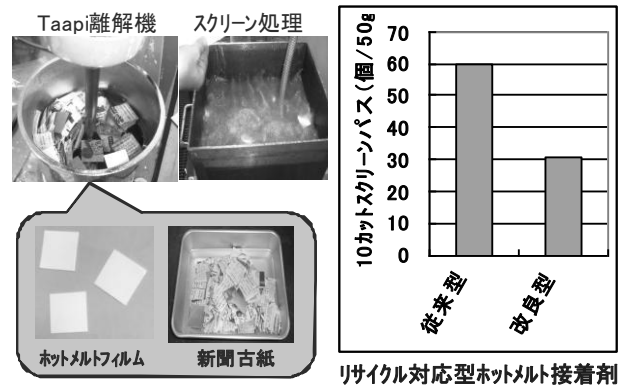
事業の概要

【事業名】	リサイクル対応型紙製商品開発促進対策事業
【実施主体】	財団法人古紙再生促進センター
【委託先】	社団法人日本印刷産業連合会
【目的】	印刷・情報用紙を中心とする洋紙部門での古紙利用拡大
【参加団体】	印刷工業会、全日本印刷工業組合連合会、日本フォーム印刷工業連合会、 全日本製本工業組合連合会、全日本シール印刷協同組合連合会、全日本光沢 化工紙協同組合連合会、印刷インキ工業会、印刷用粘着紙メーカー会、日本接 着剤工業会、社団法人日本雑誌協会、日本製紙連合会、全国製紙原料商工組 合連合会

【主な活動】

- 99～00 リサイクル対応型ホットメルト接着剤の開発と評価法の確立
- 01 リサイクル対応型シールのリサイクル適性評価
- 02～03 金銀インキ、UVインキ類、PP貼りなどのリサイクル適性評価
- 04～05 UVインキ標準試験法の確立
- 07 ファンシーペーパー、抄色紙のリサイクル適性評価

3. 今後の課題 リサイクル対応型ホットメルト接着剤の効果



4. まとめ 過去30年間の総括

- DIPは補助原料から主原料へ位置づけが変わった。
- ①主な古紙源である新聞の質的变化、②環境問題対策としての古紙利用率目標の設定、③印刷技術の多様化及び④古紙輸出増に伴う集荷難などによりDIP製造技術は大きく進歩した。
- DIP製造技術の3要素(脱墨、漂白、異物除去)は時代と共に重点技術が変化しており、最近では異物除去が課題である。
- 今後のDIPは環境に配慮した製造技術の確立が課題となる。

質問1：古紙が悪くなったことから、いろいろな設備を付加しなければいけないわけですが、例えば電力原単位が、第1期、第2期、第3期、第4期で、どのように変化していったのか、それに技術がいかに対応していったのか、それから今後はどのような技術が出てくるだろうか見通しがありましたら教えてください。

漂白工程で、過水漂白をしますとCODの問題が出ます。それに代わる漂白の技術は、今後期待できますか。

異物除去をすると、収率がやはり下がります。歩留まりの対策はどのようなのでしょうか。

杉野：紙パルプ技術協会パルプ技術委員会でDIPの操業設備の調査を行っており、2009年のパルプ技術セミナーで報告する予定ですが、大体500kWh/トン（300から500）が一番多いです。30年前、ワンポイントですが250kWh/トンという数字がありましたので、倍ぐらいになっている印象があります。それに対して、どのように電力原単位を削減していくかですが、できるだけスクリーン効率を上げていくというのが一つです。あとは、工程全体の高濃度化が一つのポイントかと思います。

漂白は、やはり過水漂白が主体になりますが、FASに置き換えられればCODとして半分を切ってしまう。だから、いかにしてFASの効率を上げていくか工夫が必要です。できるだけアルカリが低い状態で漂白できるプロセスが必要かと思います。

収率については、まず分離効率をもう少し高めていかなければならない。そのため、装置、プロセスの考え方が一つのポイントです。

質問2：もしもオフィス古紙で、コピー用紙だけを別に分離して集めることができれば、それはグレードの低い原料になるのですか。それともグレードの良い古紙原料と言えるのですか。

杉野：わたしはグレードの良い古紙だと思います。それだけを集めるということはあまり変なものが入ってこないという前提です。トナー自体は、普通のオフセットインキに比べればかなり疎水性が高いので、微細化さえすれば、フローテーターでうまく除けます。1970年代のコピーは、ものすごくトナーの厚塗りでしたが、今は大分減っている、その中身もアルカリに弱いタイプに変わってきています。ですから本当にコピー用紙だけを集めるのであればやりやすいと思います。

質問3：プロジェクトチームを作って効果が上がったというホットメルト型接着剤は、微細化されるものなのですか。それとも微細化されないのですか。

杉野 微細化されないようにしたのです。工程上で言えば、スクリーンで取れやすくしたということです。

以上