

# GSP(Gradient Soft Pressing)

## － プレス脱水と層間強度の改善 －

向井正仁

株式会社小林製作所 製紙機械設計部

### 1. はじめに

板紙用プレスセクションは、通常 3 から 5 段階程度のニップを受けるように設計されている。それぞれのニップでは単独である程度絞れていても、プレスセクション全体で評価すると効率よく搾水できていない例がよく見受けられる。

プレスセクションの操業管理は、主としてドライヤー入口の湿紙水分を低下させることに注意が向けられているためにまだ湿紙水分が高く、繊維間結合が十分でない湿紙に対しても一気に高い線圧を使用する傾向がある。その結果、湿紙表面が微細繊維によりシールされ、後段のニップで搾水効率が低下し、フレ・ツブレトラブル、層間強度の低下や嵩の減少などの結果を招くことにつながる。

このような事例を数多く日本の板紙工場を経験してきたわれわれは、多数の調査と分析を行い、板紙用プレスセクションを最適化できる「GSP 法」という改善コンセプトを提唱して成果をあげている。

GSP とは Gradient Soft Pressing、すなわち湿紙強度を向上させながら必要最小限の圧力でソフトにプレスする方法である。従来のプレス理論では単独のニップがもたらす結果を説明していたが、複数のニップを通過した結果がプレスセクション全体に及ぼす影響を複合的に論じることはなかった。GSP 法は板紙用プレスセクションを体系的に説明できる理論であり、これに基づいて作成されたソフトウェアを使用すると、板紙用プレスセクションの最適な設計が具体的に示され、また改造の場合は現状の診断と適切な改善方法を提供できる。

GSP は次の利点をもたらす。

- ① 脱水抵抗皮膜の急激な成長を抑える
- ② 搾水効率の向上
- ③ 嵩高で高平滑の実現

④ 操業性の安定化と向上

⑤ 省エネルギー

一方、白板紙に求められる重要な紙質である平滑性については、従来安定した操業が難しいと言われたスーザプレスに対し、GSP 法を適用すれば、より効果的に改善できることが認められた。これはすなわち、スーザプレスを使用する場合はそのニップ通過時間の診断および前段プレスの最適化が必要であることを意味する。

昨今の製紙原料の高騰および原油高から、ますます省エネルギーが注視されるようになってきており、加えて大規模な設備投資も抑えられる傾向にある。このような状況の解決策の 1 つが GSP 法であり、搾水効率の向上と高平滑・嵩高・省エネをターゲットにした当社の提案は 1994 年にそのサービスが開始されて、多くの改善実績をもたらしている。

### 2. GSP 法によるプレスセクションの最適化

#### 2-1. 搾水能力の評価方法

プレスセクションの搾水能力を評価する指標として、プレスインパルス (PI) があり、数値が大きければ搾水能力が高いことが知られている。

$$PI = \text{圧力} \times \text{ニップ通過時間}$$

PI を増加させるために圧力を大きくするアプローチが洋紙の考え方で、「圧力依存プレス (Press Control Pressing)」であり、具体的にはゴム硬度を硬くし、線圧を上げればよく絞れる領域である。紙厚が薄い場合や保水度が低い原料に適する方法である。

一方、通過時間を重視して搾水能力を高める考え方が板紙分野であり、ゴム硬度をできるだけ軟らかくすることが搾水能力を向上させることにつながる。この方法を「流れ依存プレス (Flow

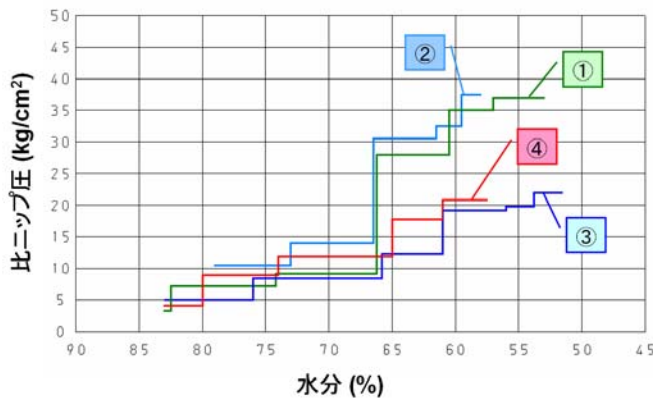


図1 比ニップ圧(SNP)の調査結果

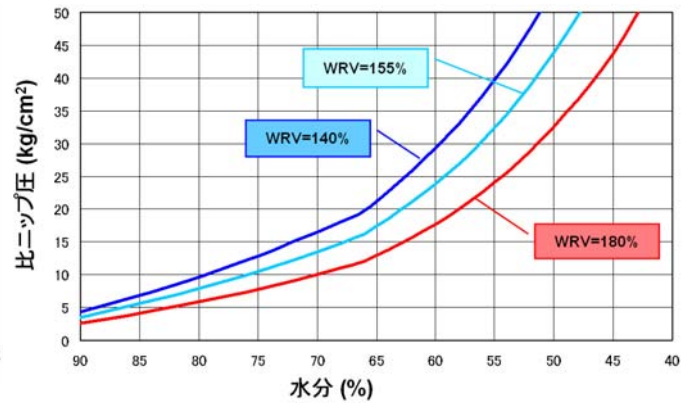


図2 比ニップ圧(SNP)の調査結果

Control Pressing )」と呼び、高保水度の原料に適している。

しかし、操業現場においてこの2つの領域を意識することはない。その理由は抄紙機の平均速度が上昇して、板紙のプレスセクションが圧力依存領域から流れ依存領域へと移行していることに注意が払われなかったことと、理論体系が形成されていなかったことによる。われわれは経験的に、通過時間が長すぎてもフェルトマークが発生し、湿紙の嵩は減少することを知っている。これは、通過時間にはある一定の可能範囲が存在し、坪量や紙の厚みに関連性があることを意味する。そしてプレス圧力についても最適な範囲があり、湿紙水分に相関することが理解できる。圧力と通過時間を最適化することができれば、板紙のプレスセクションの改善に役立つのである。

## 2-2. 基準比ニップ圧

線圧をニップ幅で割った値を比ニップ圧と呼ぶが、われわれの調査結果によって比ニップ圧の掛け方が工場により異なることがわかった。

湿紙水分との関連結果の例を図1に示す。図中の①～④は以下の状況を示している。

- ① 高い圧力で比較的効率が良い
- ② 早い段階で高い圧力を掛けて最終プレスで搾水効率が低下する
- ③ 低い圧力でも出口水分が約51%と効率が良い
- ④ 低い圧力で効率が悪い

このように統一がとれていないことに気づかない原因は、プレスセクションを線圧だけで管理し

ているためである。線圧を規則正しく上げているつもりでも、比ニップ圧で評価するとこれと異なる結果をもたらすのである。重要なパラメータはゴム硬度とロール直径であり、線圧の変化でニップ幅も変化することを考慮しなければならない。

われわれは比ニップ圧の掛け方と搾水効率および紙質などを総合的に検討し、入口水分に対応した許容圧力を設定することが可能となり、基準となる比ニップ圧曲線図を得た。この曲線は両面性を必要とする高級白板紙もターゲットに入れたモデルケースを表しており、ここから外れた場合は搾水効率が低下しフレトラブルなどを発生させる確率が高い。

われわれの研究の結果、この曲線は保水度により異なるべきであり、図2にあるような3つのケースが標準として示された。原料のフリーネスと保水度は密接した相関が認められないので、プレスセクションの搾水能力は保水度で評価する。保水度はフリーネスよりも搾水能力についてはるかに影響力が大きい。保水度を知ることができれば、この曲線を利用して入口水分に見合う比ニップ圧を得ることができる。

## 2-3. 最適ニップ通過時間

ニップ幅を抄紙速度で割った値がニップ通過時間である。

図3は、シングルフェルトプレスにおける坪量とニップ通過時間の相関を示したものである。

Cゾーンは、ニップ通過時間の最適領域であると当社は考える。

曲線TAはゴム硬度の軟らかい方が搾れる境界

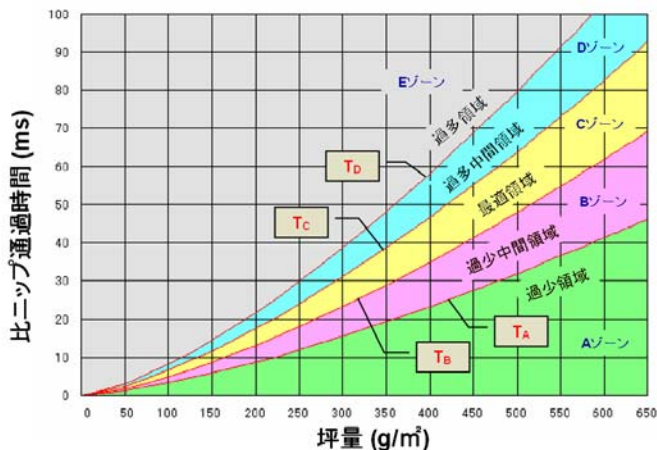


図3 シングルフェルトプレスにおける坪量とニップ通過時間の関係

であり、この線より下側のAゾーンはニップ通過時間が短すぎることを意味するため、過少領域と定義する。

曲線  $T_B$  は硬いゴムの方が搾れる境界であり、つまり圧力依存境界である。 $T_A - T_B$  間のBゾーンはニップ通過時間過少中間領域と定義する。

曲線  $T_D$  はフェルトマークの発生や嵩の減少が深刻になる境界であり、これより上側のEゾーンはニップ通過時間過多領域と定義する。

曲線  $T_C$  はフェルトマークの発生や嵩の減少が始まる境界であり、Dゾーンはニップ通過時間過多中間領域と定義するが、一方でフェルトマークを付与するファンシーペーパーなどにとっては最適領域である。

現在の操業条件を判定するためには、この相関図が利用できる。ニップ幅と入口水分を測定しニップ通過時間を算定すれば、どの領域にあるかによって評価することが可能になった。

次に、紙種と必要ニップ通過時間の関係を示したのが図4である。洋紙では高速であっても通常のロールプレスで十分なニップ幅と通過時間が得られることがわかる。しかし板紙では速度が上昇するにともなってLNPあるいはシュープレスが必要とされる。

## 2-4. 最適化の具体例

### (1) ニップダウンテストの実施例

図5に示すように、A社における比ニップ圧はプライマリープレスではほぼ基準どおりであるが、後半のメインプレスでは大幅に基準を超えている。

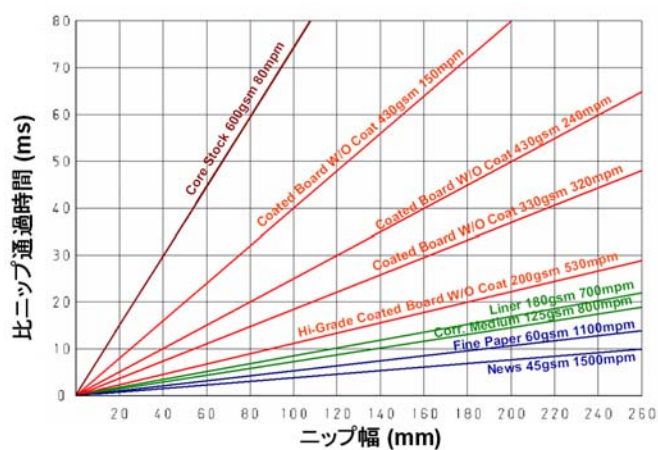


図4 紙の品種別に見たニップ幅とニップ通過時間の関係

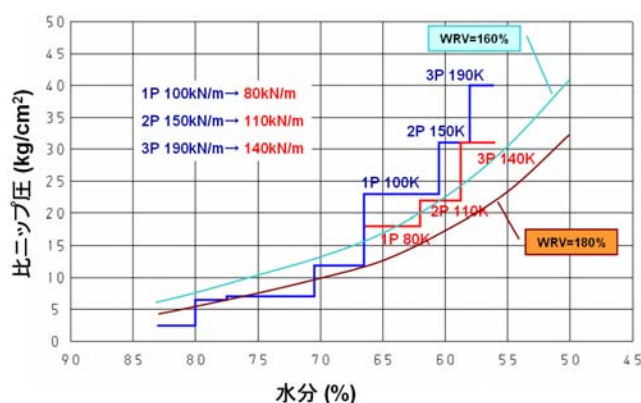


図5 A社におけるニップ圧最適化の事例

圧力を掛けた方が搾れるというGSP法と反する考え方に基づいて操業されていた。

メインプレスの圧力を下げてニップ圧を最適化した結果は、次の利益をもたらした。

- ① 嵩の減少に改善が見られ、 $7g/m^2$ の加重量節約
- ② 速度が2%上昇した
- ③ 出口水分はほぼ同じ水準を保ったが総合圧力は $110kN/m$ 減少した

以上の結果を金額で表すと1,482万円/月となる。

### (2) スムーザプレスの最適化

スムーザ効果を有効的に引き出すためには、湿紙の層間強度と表面強度を前段プレスで十分に形成させる必要がある。B社においては主としてプライマリープレスの通過時間が最適ではなかったので、前段にKプレスを設置しGSP法の適用により改善した。

- ① 速度が19%上昇した
- ② 水分が2%改善した

③ 製品に関しては、スミーズプレスなしでの平滑度が 210sec であったのに対しスミーズプレスありでは 357sec に達し、70%改善したスミーズプレスを有効活用するためには、そのニップ通過時間と前段プレスで GSP 法を実施することが重要である。

### 3. 層間強度の改善コンセプト

層間強度を決定づけるのは主としてワイヤーセクションである。パラメータは抄合せ方式と抄合せ濃度であり、でんぷんの使用量はこの結果に左右されるため重要である。ここではフェルトとワイヤーの抄合せを比較考察する。

#### 3-1. 抄合せ方式による影響

当社のフォーマの多くにトランスファフェルトが使用されている。これは板紙の重要紙質である層間強度を得るために効果的であり、タッチロールの使用が可能であることがワイヤーとの比較で決定的に優位である。ワイヤーはボイドボリュームが少なく脱水した白水の圧力で湿紙にクラッシングを発生させるため、水分の高い状態でのロールニップができない。したがって、ワイヤーによる抄合せはワイヤーの押し込み圧によって行われる。

一方、フェルトはボイドボリュームがあるのでタッチロールによる脱水圧力を吸収でき、適切なニップ圧力は水分の Z 方向の移動を促進し繊維が絡みあう助けになる。また、フェルトのクッション性がニップ出口側で復元力を生み、湿紙の移行も自然に行われるので、ワイヤーのようにトランスファサクションボックスを必要とせず、真空動力の節減となる。

#### 3-2. 抄合せ濃度による影響

層間強度は水分が多い状態での抄合せがより効果的である。トランスファフェルトを使用する当社のウルトラフォーマシリーズは、ウェット・オン・セミドライ方式であり、前の層の約 15%濃度と次の層の約 2%濃度が抄き合わされる。層間の白水移動が十分に行われる濃度領域であり、タッチロールによる機械的な接着力が付与されて層間強度は高く保たれる。

これに対しワイヤーの抄合せはセミドライ・オン・セミドライ方式が一般的で、約 15%濃度に形

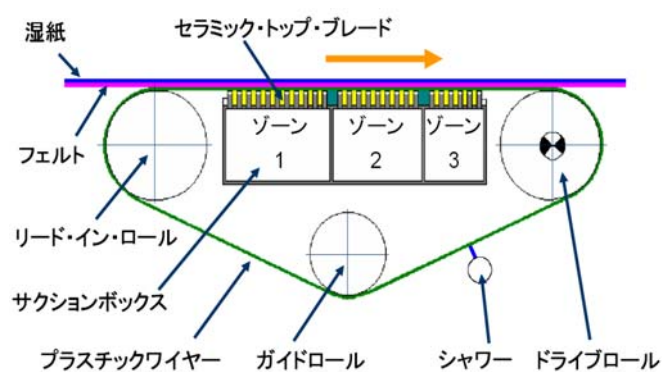


図 6 サクセスフロー

成された湿紙に同程度の湿紙を抄き合わせる。白水が移動しにくいというえにロールニップによる接着力がなく、その結果層間強度は低い。そしてこれを補うために、でんぷんの量を多く必要とする。

なお、層間の白水移動時間についても両者に違いが見られる。ウルトラフォーマシリーズに共通した特徴である、フォーミングロールのくさび部分から始まる抄合せからタッチロールまで、ワイヤーシリンダーの円弧のほぼ半分以上の長さが白水移動時間である。これに比べてワイヤーの抄合せは非常に短時間であり、白水が移動するチャンスはわずかである。

原料強度が高いライナーを除いては、低強度の原料を多用する板紙マシンにトランスファフェルトとタッチロールは非常に効果的である。

### 4. プレスセクション改善のための提案

#### 4-1. サクセスフロー

プレスセクションの初期段階で急激な圧力を与えると、クラッシングや嵩の減少が起こることが知られている。まだ多くの水分を含み湿紙強度が低い状態であることに加え、古紙利用率の増加にともなうリサイクル回数の増加と雑誌やチラシに含まれる灰分の影響などで、湿紙の脱水抵抗が大きくロール圧力に耐えられない結果である。従来のプライマリープレスでこれを解決する手段はロール圧力を弱めることであるが、脱水能力の低下は生産性を低下させるので好ましくない。

このロールプレスの問題は、サクセスフロー(図 6)で解決することができる。サクセスフローはロール圧力の代わりに真空吸引で脱水する装置であ

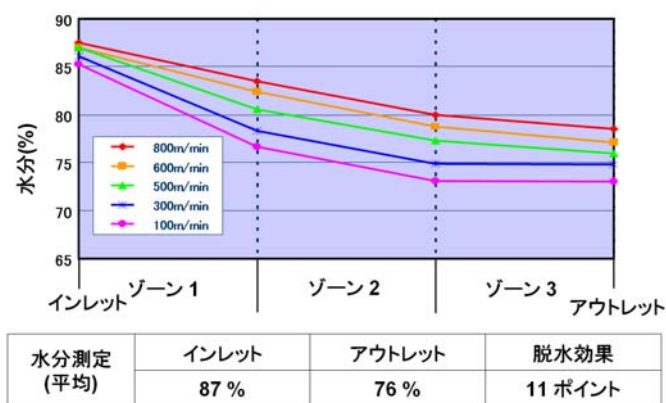


図 7 サクセスフローの脱水能力

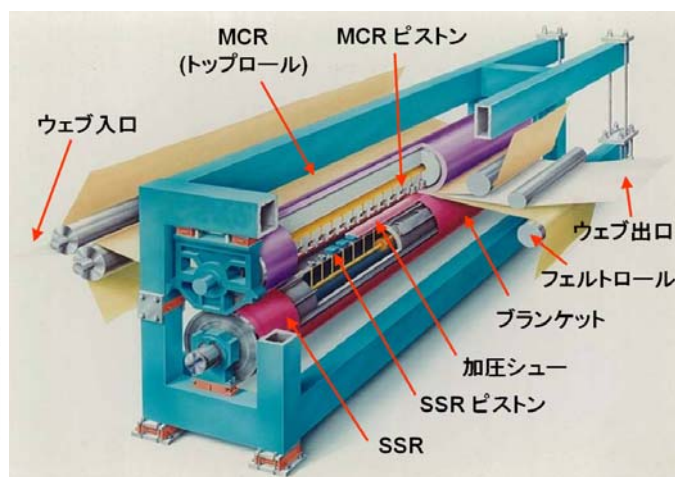


図 8 サクセスシュープレス

り、複数の真空レベルを段階的に調整して、ロール加圧脱水に耐えられる適切な湿紙水分レベルまで下げることができる。先に述べたロールプレスによるクラッシングは解消し、なおかつフェルトマークを残すことがない。セラミックカバーとプラスチックワイヤーを使用するため、必要動力は低くトランスファーフェルトの磨耗が問題になることはない。

サクセスフローの適用速度は 40 ~800m/min の広範囲をカバーしており、紙種は白板紙・紙管原紙やライナーなどすべての板紙に適用可能である。サクセスフローの脱水能力は、平均入口水分 87%に対して出口が 76%、つまり 11 ポイントのドライネス上昇が確認されている (図 7)。

当社はこれまでに 17 台納入し、うち 6 台は北米向けである。

#### 4.2. サクセスシュープレス

流れ依存領域にある板紙は、適切な通過時間を確保することが搾水効率の向上をもたらすことが理解された。

これを実現する方法は GSP 法によるロングニッププレスと、もう 1 つの解決策がシュープレスである。当社のサクセスシュープレスはヒドロスタティック加圧方式であり、常に厚い油膜がブランケットとシューの間に形成されるので、低速においても安定運転でブランケットの寿命も比較的長い。国内では 16 台が導入されそのほとんどが板紙用である (図 8)。

サクセスシュープレスの効果は次の通りである。

- ① 高い湿紙濃度の実現
- ② 均一な水分プロファイル
- ③ 層間強度・引張強さ・破裂強度・伸びなどの紙質向上
- ④ 低い面圧脱水により嵩の減少は最小限
- ⑤ ハイドロスタティック加圧によるブランケットの長寿命化

以上の効果により、生産性の向上と省エネルギーをもたらす。

#### 5. おわりに

抄紙機が速度が上昇することに呼応して、搾水能力を維持するためにプレス圧力を増加する方法がとられてきた。近年においてはそのやり方も限界に達しつつあり、ニップ通過時間を長くする必要性から、洋紙分野でもシュープレスが採用されてきた。しかし、シュープレスは多くのメリットがある反面、設備価格とメンテナンスについてはロールプレスと比べて不利である。とくに既存のプレスセクション改善という課題は、シュープレスとは異なる解決提案があってもよい。

ここに述べた GSP 法は、板紙用プレスセクションのムリ・ムダを見つけ、最適な改善案を示すことで紙品質の向上と省エネに貢献する。

2008年10月 (株) 小林製作所

本書は、(株) テックタイムスが発行する書籍『紙パルプ技術タイムス 2008年9月号』から許可を得て転載しています。同タイトル記事を、修正および再構成した改訂版です。