最近の抄紙技術について(7)

(有)製紙科学研究所 石 黒 久三郎

Recent Development in Papermaking (VII)

Kyuzaburo Ishiguro

Papermaking Science Research Laboratory

5. 新しいカレンダー法について

5.1 ホットカレンダー法について

カナダ紙パルプ研究所 (PPRIC) で誘電発熱ロールを使用し、新聞用紙を対象にし行ったホットカレンダー法の研究を中心に、その概略について筆者は後記文献 1) で詳述した。本文では別の視点から掲題を記述してみたいと思う。

ホットカレンダー法 (別名; 温度勾配カレンダー法……Temperature-gradient calendering) の特長は、紙厚を保ちながら、すなわち比較的ニップ圧を小にして所定の平滑度、光沢を得ることが可能なことで、このニップ圧を小にし得るということは、紙に対し機械的な“しごき”を与えることが少ないため、通常のカレンダー法に比べ強度特性を低下させないで、また紙の密度を増加させないで、カレンダー掛けが可能であることを意味する。

図 1²⁾ はホットカレンダー法の基本を示したものである。すなわち加温されていない紙が 2 本のホットロール間を通過すると、紙の表裏両面のみが加熱され、表面の繊維は柔軟性を増すが、紙とロールとの接触時間はごく短時間なため、紙層内部の温度は低温のままに残る。

本図には普通の温度、高温の場合でカレンダー掛けした場合の紙層内温度曲線の模様が示され、この辺の事情がよく分かる。要するにホットカレンダー法では紙の表裏両面に存在する繊維のみが、加熱により柔軟性が増加し、この状態でカレンダー掛けが行われるのである。

ここでカレンダー掛けにより何故紙の表面特性が改善されるかについて考えてみる必要がある。

これについては以前より色々議論のある所だが、最近では従来より一般に言われていた、良く研摩された金属ロール表面の紙に対する滑りによるつや出し作

用 (磨き作用……burnishing) でなく、金属ロールの表面性が相手の紙に転写される“模写 (replication)”の作用であるという意見³⁾が有力である。紙がカレンダーニップ間を通過する際、若干のスリップが存在することは疑のないところだが、この作用は紙にカレンダー掛け効果を与える一部にすぎず、効果の主力は模写であるという意見である。

要するに、紙の表面に塑性変形 (plastic deformation) を起こさせるのに十分な力で、平滑な金属表面を押し付け、紙の表面に金属表面を模写させるというの

図 1 普通カレンダー法、ホットカレンダー法の比較

がカレンダー掛け効果の主な要因で、押し付け圧力が大になる程模写の効果は向上し、さらに加温により紙の表面を柔軟にさせると模写の効果は、さらに上昇するという具合である。もち論、紙の表面に滑り作用、すなわち剪断力（ずれ応力）を与えても、いま述べたようにこれが主体ではないが、紙の表面特性改善の一助にはなる。模写が紙の表面特性向上の主要要素であることは、後記するがスーパーカレンダーの場合でも同じであると考えてよい。

一般に固体は適当な条件に置かれると、外力に対して理想的な弾性体としてふるまわず、永久ひずみを生じ連続的に変形する性質を有しているが、これがここで言う塑性変形である。

図2³⁾はカレンダー掛けが模写のプロセスであることを説明するために、R. H. Crotofino らが示したもので、ホットカレンダー法で仕上げられた、新聞用紙表面の走査電顕写真である。良く観察すると紙の表面に存在する木材繊維上に、カレンダーロール表面に存在する引っかき傷が綺麗に模写されていることが分かる。もしカレンダー掛けがロールと紙との間の滑り作用にもとづくものとすれば、このように引っかき傷は明瞭には現れず、もっとぼけて見える筈である。

普通のカレンダー法で紙の表面特性を改善しようとするには、紙をある段数のニップ間に通し、さらにある大きさのニップ圧を加える必要がある。これは必然的に紙の厚さを減少させ、密度の増加を招き、紙の強度特性に対し良い結果をもたらさない。

図3³⁾はこの辺を説明したもので、印刷の美粧さを予知するための値である紙の印刷平滑性（Parker print surface roughness…絶対値が小である程良好）は、紙の厚さ（ここではカレンダー掛けの強さ）に関

図2 カレンダー掛けが模写であることを説明する写真、ロールの引っかき傷が木材繊維に綺麗に転移していることがよく分かる。

図3 嵩と印刷平滑性（Parker print surface roughness）との関係

連し、印刷平滑性を良好（絶対値では小の方向）に保とうとすれば、カレンダー掛けの際ニップ数、ニップ圧、ともに大にする必要があり、結果として紙厚が小になることにつながる。

前述のごとくホットカレンダー法は紙厚を保ちながら紙の表面特性を向上させようとする技術なので、洋紙系はもち論だが、嵩を重視する板紙系に有利な方法とも言えよう。

ただ、板紙系では、従来よりグロスカレンダー（図4参照）によるホットカレンダー法が確立されている。

これは加熱された金属ロール（図の中央のロール）と合成ゴム被覆、もしくは合成樹脂被覆ロールとの間に板紙を通し、カレンダー掛けを行うのであるが、この際の平滑度、光沢の向上もやはり模写にもとづくものである。板紙の場合は紙厚の保持が重視されるので、ニップ圧の大きさに制約があり（銘柄により異なるが大略100 kg/cm前後）、その分だけ金属ロールを加熱し模写の効果があがることを期待するわけである。この際、被覆材の硬度を低目にし（銘柄により異なるが大略JIS 95°前後）、ニップ幅を大にし、模写の効果を高めるのだが、被覆材を軟くするとニップ通過ごとに繰返される“応力-歪”関係のヒステリシス現象によ

図4 板紙用グロスカレンダー

り、よく知られている被覆材内に内部発熱が発生、抄速が大になる程、またニップ圧が大になる程、内部発熱量が増大しそのメンテナンス、操業などに問題を投げかけるようになるのである。

ホットカレンダー法を行う具体的な方法として下記がある。

1. カレンダーロール内部に温水を通し、ロールを加熱する方法。
2. カレンダーロール内部に加熱オイルを通し、ロールを加熱する方法。
3. ロール内部に誘電発熱装置を設備し、ロールを加熱する方法。
4. 誘電加熱発熱装置を外部に設け、ロールを加熱する方法(図5参照)。
5. カレンダー直前で紙に蒸気を噴霧し、紙表面温度を上昇させ、カレンダー掛けする方法。

上記1, 3の方法は筆者が後記文献1)に詳述したので参照されたい。

また5項の方法は厳密にはホットカレンダー法とは言えないかも知れないが、本文ではその範ちゅうに入れることにした。

図5 誘電発熱装置により外部より加熱する方法

5.1.1 ホットカレンダー法が紙質に与える影響

図6³⁾は、新聞用紙を対象にし、ホットカレンダー法の効果の1例を示したもので、ロール表面温度を上昇させる程、紙厚を減少させることなく、嵩を保ちながら紙の表面特性(本図では光沢)を向上させ得ることが良く理解出来る。

図7、8⁴⁾は食品包装板紙を対象にし、上記と同じように普通のカレンダー法とホットカレンダー法で、嵩と光沢及び印刷平滑性(Parker print surface roughness)の関係を調べたもので、さらにサイズ品とノーサイズ品に分け比較したものである。本図からも同一紙厚で比べた場合、両図ともホットカレンダー法の方が光沢及び印刷平滑性に対し相当に有効であることが分かり、さらにノーサイズ品の方が、サイズされた紙より優位にあることが判明する。このことは紙の表面特

図6 ロール表面温度と紙厚、光沢の関係(新聞用紙)

図7 嵩と光沢の関係(食品包装板紙)

図8 嵩と印刷平滑性(Parker print surface roughness)の関係(食品包装板紙)

性を検討する上で何等かのヒントになるかも知れない。

また紙厚を保ちながら表面特性を向上し得るというホットカレンダー法の本来の特長は、前記の通り板紙系に対し有利であると言って良いだろう。

図9, 10, 11, 12, 13⁴⁾は食品包装板紙を対象にし、カレンダー掛けによる紙厚の減少と各種強度特性の関係を示したもので、図11の紙厚の減少につれ破断伸びが上昇する点を除き、強度特性は紙厚の減少とともに低下し、この傾向は普通のカレンダー法、ホットカレ

図9 嵩と裂断長の関係 (食品包装板紙)

図10 嵩と弾性率の関係 (食品包装板紙)

図11 嵩と伸びの関係 (食品包装板紙)

図12 嵩と圧縮強さの関係 (食品包装板紙)

図13 嵩と剛度の関係 (食品包装板紙)

ンダー法との間に殆ど差異は認められない。ホットカレンダー法でも、ニップ数、ニップ圧を大にし紙厚を小にすれば、普通のカレンダー法と同程度に強度特性は低下するというのである。ただ既述のごとくホットカレンダー法では、ニップ数、ニップ圧を小にし、紙厚を大にしても優れた表面特性が得やすいので、その分だけ強度特性の減少を防ぐことができ、これは反面、原料配合において安価なパルプの増配が可能という経済面での有利性を、ホットカレンダー法は有していることになる。

5.1.2 蒸気噴霧法について

まえに記したごとくカレンダーロール内に温水を通し、ロールを加熱する方法、誘電発熱装置を内蔵し、ロールを加熱する方法については、筆者が既に後記文献1)で詳述しているので、ここでは紙表面に蒸気を噴霧、紙表面を加熱し、ホットカレンダーを行う方法を記してみる。

これはカレンダー入口側にスチームボックスを設け、紙表面に直接蒸気を噴霧、加熱してカレンダー掛けを行う方法で、使用蒸気は紙表面のみを加熱させるため、可能な限り低圧蒸気を使用、紙表面温度は出来れば90℃以上に加熱し、カレンダー掛けを行う。

本方法はカレンダーロールを加熱し、カレンダー掛けを行う本来のホットカレンダー法に比較し、紙表面に直接熱量と蒸気による水分を与えてカレンダー掛けを行うので、別の特長、すなわち平滑度の上昇とともにリール上における紙水分を増加させ得るという利点を有しているが、逆に幅方向に均一に、所要量の蒸気を噴霧させないと、水分むら、光沢むら等が発生し逆効果となりかねない。したがってスチームボックス自体の設計、取付位置、取付法などが重要な課題となり、具体的な記述と言えないが、下記に留意する必要がある。

1. 蒸気が紙幅方向に対し均一に、あるいは幅方向の原紙水分の多寡に応じ、蒸気を噴霧させることが可能となるように、スチームボックスを幅方向に多数のチャンバー（1コのチャンバーの幅は一般的に言って150～300 mm程度）に分割し、それぞれよりの蒸気噴霧量が調節可能な機構とする。また各チャンバーに設置されるバッフルプレートに設計に配慮すること。

各チャンバーより蒸気噴霧の際、水滴が生じ紙面に落下しない構造にすること。

2. 通紙時に邪魔にならないように、通紙時にはボックス自体、エアシリンダなどにより自動的に後退するメカニズムとすること。
3. 蒸気は出来るだけ低圧蒸気を使用するため、これ

に適応した構造とすること。

図14, 15, 16⁵⁾はスチームボックス使用法の概略で、その結果を簡単に説明すると次の通りである。

図14

抄物 新聞用紙 48.8 g/m²

カレンダー 4本ロール×2基

抄速 1,150 m/分

スチームボックス取付位置 No.1 ニップ入口前3 m

入口側紙温度57℃を蒸気噴霧により75℃に上昇させカレンダー掛けを行った所、平滑度(Sheffield)は71から61まで約14%改善され、また平滑度は紙の表裏で殆ど同一となり、リールにおける紙水分は0.5～1.0%増加した。

図15

抄物 ライナーボード 175 g/m²

カレンダー 3本ロール×1基

スチームボックス取付位置 カレンダー前1.5 mでシートの上面

入口側紙温度96℃を蒸気噴霧により100℃にまで僅か4～5℃に上昇させ、カレンダー掛けを行った所、蒸気噴霧面の平滑度は約7%改善されたが、反対面では殆ど変化は認められなかった。リールにおける紙水分は0.5%増加した。

図16

図14 蒸気噴霧による紙水分、平滑度の変化（新聞用紙）

図 15 蒸気噴霧による紙水分，印刷平滑性の変化（ライナーボード）

図 16 蒸気噴霧による紙温度，印刷平滑性，平滑度の変化（GP 含有印刷紙）

抄物 GP 含有印刷用紙 48.8 g/m²

カレンダー 6 本ロール×1 基

抄速 680 m/分

スチームボックス取付位置 No.1 ニップとペーパーロールの間

入口側紙温度 73°C を蒸気噴霧により 100°C に上昇させ、カレンダー掛けを行った所、蒸気噴霧面の平滑度 (Sheffield) は 58 から 44 と 25% 改善され、印刷平滑性 (Parken print surface roughness) も 2.8 から 2.1 と 25% 改善されたが、反対側の平滑度は蒸気噴霧面の 0~1/3 程度の改善にとどまった。

以上 3 例の蒸気噴霧量は 20~70 kg/h/m 程度で、蒸気噴霧は片面のみだが、図 17⁵⁾ のごとくいろいろの方法で両面蒸気噴霧を行うことが工夫されている。

蒸気噴霧によるホットカレンダー法は、カレンダーロール自体を加熱する方法に比べ簡便で、紙の表面特性の改善とともにリールにおける紙水分を増加させるメリットを有しているので、今後、案外に見直され関心が集められるかも知れない。問題は前述のごとく紙幅方向に、確実に所要の蒸気を噴霧させることが可能な、スチームボックスの設計、製作にかかっていると行って良いだろう。

今回はソフトカレンダー法をスーパーカレンダー法と対比させながら説明してみたい。

図 17 各種蒸気噴霧法

参考文献

- 1) 石黒久三郎；紙パ技協誌，37 (10)：1 (1983)
- 2) R. Crotogino；Tappi Journal, 65 (10)：97 (1982)
- 3) R. Crotogino, M. Gratton；Pulp & Paper Canada, 88 (12)：T 461 (1987)
- 4) R. Crotogino, M. Gratton, R. Seth；Tappi Journal, 71 (1)：81 (1988)
- 5) K. Hilden, D. Sawley；Pulp & Paper Canada, 88 (12)：T 452 (1987)