塗工紙のレジスター特性について

第3報 Wavy Edge の発生と紙・大気の湿度差の関係

日本パルプ糊研究所 高橋昭之介・岩田 惇

Registering Behaviors of Coated Papers Part 3 Relationship between Appearance of Wavy Edge and Unbalanced Humidity Conditions of Paper and Atmosphere

Shōnosuke Takahashi and Atsushi Iwata

(Research Laboratory of Nippon Pulp Industry Co., Ltd.)

Wavy-edged paper sheets will result in "fanning in" at the back edges as they pass through the squeeze impression of the offset press, which makes a dominant source of misregister and wrinkling and is closely related to the handling of paper. It has been tried in this investigation to express the degree of waviness in a quantitative manner by defining the wavy edge number as the product of the average height of waves and their number existing in a unit length of paper edge. The dependence of the wavy edge number upon the difference of relative humidity between paper and atmosphere determined on paper samples of various degree of hygro-expansivity has indicated that the safety limit of deviation of atmospheric humidity over paper humidity, within which only practically tolerable degree of waviness is found, can be greatly affected by the quality of paper.

1. 緒 言

紙スタックの縁端部が吸湿し、伸長することによって生ずる wavy edge が、オフセット印刷におけるミスレジスターの最も頻度の高い原因の一つであることは既に常識として知られているところである。塗工紙のレジスターに関するこの系列の研究においても、wavy edge の存在が特にシートの back edge の、印刷方向とは直角の方向のミスレジスターの発生的重要原因であることが示されている¹⁾。Wavy edge の生因やその対策については既に多数の書物に記載されており、もはや改めて論ずる必要もないであろう。しかしながら wavy edge 発生がどのような要因によって支配されているかについては、なお説明を要する点が残されているように思われる。特に wavy edge の悪影響を避けるためには紙の湿度と大気の湿度とをどの程度まで厳格に調整する必要があるか、またその必要度は紙の基本的な寸法安定性とどのように関係づけられるのかの2点は、製紙工場において特定の相対湿度に調湿された塗工紙が印刷工場においてどの程度の相対湿度範囲まで問題を起すことなく印刷されるかという現実的な問題とも関連し、興味のあるテーマと言える。この点については古く Pritchard (PATRA)²⁾ が考察している以外には掘り下げた研究は行なわれていないようであるので、改めてここにとりあげ、定量

的な解析を試みた。

2. 実験方法

2.1 試 料

各種銘柄、坪量の市販アート及びコートを試料として用いた。アートは記号A、コートは記号Kをもって表わした。

2.2 Wavy edge 試験法

(1) Wavy edge 発生条件

RH 65%, 20°C において24時間以上調湿した試料を、紙のCMD (cross machine direction) を長辺として15×8(cm)の寸法に切断し、次の枚数を重ねて Fig. 1 に示すようなシートプレスに、紙の端部のみが大気に曝されるようにセットした。

紙の坪量	84.9g/m ² の場合	12枚
	104.7g/m ² の場合	10枚
	127.9g/m ² の場合	8枚

このようにセットした試料を、RH 75%, 85%, 95% の硫酸デシケーター内に入れ、48時間放置して wavy edge を発生せしめた。

(2) Wavy edge 表示法

上記の条件で発生した wavy edge の状態を側面から撮影し、得られた写真について波型の高さおよび山の数を求め、次式によって wavy edge number を定義した。

Fig. 1 Wavy edge test

Wavy edge number = $\bar{h} \times n$

$\bar{h}$: Average height of waves (mm)

n : Number of waves per meter

Number of sheets : 12 sheets for 84.9 g/m²

10 sheets for 104.7 g/m²

8 sheets for 127.9 g/m²

Time of exposure to a specified RH……48 hours

Wavy Edge Number = $\bar{h} \times n$

ここに $\bar{h}$ は原寸における波高の平均値 (単位mm) であり, n は長さ 1 m あたりに換算した山の数を表わす。

2.3 吸湿伸長率試験法

Wavy edge の試験に供したのと同じ試料について吸湿伸度, および湿潤伸度を測定し, これらと wavy edge number の関係を調べた。

(1) 吸 湿 伸 度

予め RH 65%, 20°C の恒温恒湿室にて調湿した試料を, RH 85% に調整した加湿室内にセットし, 5, 10, 15, 30 分後の寸法を測定し, 原寸に対する伸長率を時間の関数として表示した。

測定装置 TAPPI 伸縮度測定器 (精度 0.01mm)

加 重 100 g

試 料 片 CMD を長辺とし, 12×2 (inch) に切断

湿度変化範囲 RH 65→85%

$$\text{伸長率} = \frac{l_t - l_0}{l_0} \times 100$$

l_0 : RH 65% における寸法

l_t : RH 85% に上昇後所定時間 (t 分) 経過後の寸法

(2) 湿 潤 伸 度

前項(1)と同じ試料を温度 20°C の水に 2 時間浸漬し

た場合の伸びを鋼尺を用いて測定し, 原寸に対する伸長度を求めた。

3. 実験結果および考察

3.1 紙と大気の湿度差と Wavy edge 発生の関係

Wavy edge の程度を表わす指標である wavy edge number (以下 WEN と略す) が紙と大気の湿度差 ΔRH (大気の RH—紙の RH) によって変化する模様を銘柄, 坪量の異なる 22 種類の塗工紙試料について観察した。Fig. 2 はその 1 例として, 定坪量 104.7g/m² の試料に関する WEN の変化を示す。この図から

Fig. 2 Example data of wavy edge number test. Basis weight : 104.7g/m²

わかるように, WEN は大気 RH の上昇 (ΔRH の増大) に比例してほぼ直線的に上昇するが, その程度は試料によってかなり大きく異っている。他の坪量 (84.9 g/m² および 127.9 g/m²) の試料についても, WEN と ΔRH との間に Fig. 2 と同様の比例関係が認められた。

WEN の一つの応用例として, A-0, K-0 の 2 銘柄の塗工紙について, 抄造, 仕上直後の製品と, 1 年間, 23°C, 55% RH の室内に積重ねた状態で保存された製品の wavy edge 発生傾向を比較した結果を Fig. 3 に示した。この結果から 1 年間貯蔵された製品の方が, 抄造直後の製品よりも ΔRH の増大による WEN 増加の割合が若干小さいことがわかる。このように塗工紙は, スタック状に積重ねられた状態でも長期間保存中に wavy edge 発生傾向を減ずることは興味のある事実であるが, この熟成効果に対する可能な説明は一

Fig. 3 Effect of aging paper sheets on wavy edge number

Paper sample : A-0 (A), K-0 (A).....Paper sheets were aged in a stack form at 25°C, 65% RH for 1 year before test
A-0 (B), K-0 (B).....Paper sheets were subjected to W.E. N. test immediately after being finished

Table 1 Comparison of moisture expansion and moisture pick-up between aged and unaged coated papers

Paper sample A-0	A-0 (A) 84.9 g/m ² (aged)	A-0 (B) 84.9 g/m ² (green)	A-0 (A) 104.7 g/m ² (aged)	A-0 (B) 104.7 g/m ² (green)
Moisture content at :				
65% RH	6.9	7.2	7.5	7.6
85% RH	9.3	10.3	9.9	9.9
Humidity expansion (%, CD, RH 65—85%)	0.354	0.570	0.215	0.492
Water expansion (%, CD)	2.7	3.0	2.3	2.4
Paper sample K-0	K-0 (A) 84.9 g/m ² (aged)	K-0 (B) 84.9 g/m ² (green)	A-0 (A) 104.7 g/m ² (aged)	K-0 (B) 104.7 g/m ² (green)
Moisture content at :				
65% RH	7.2	7.7	8.2	7.2
85% RH	9.6	10.9	9.9	10.5
Humidity expansion (%, CD, RH 65—85%)	0.315	0.630	0.328	0.662
Water expansion (%, CD)	2.6	3.0	2.7	3.1

定の RH 変化に対応する塗工紙の水分変化 (吸湿性) が減少したか、あるいは一定の水分増加によって起る塗工紙の伸長率が低下したかの何れかの要素に求めな

ければならない。この点に関して試料 A-0, K-0 の水分吸収性および吸湿伸長性の比較を Table 1 に示した。1 年間貯蔵された製品 A-0 (A), K-0 (A)

は抄造直後の製品 A-0 (B), K-0 (B) に比して水分吸収性が若干低下すると同時に吸湿伸長性が著しく低下していることがわかる。この吸湿伸長性の低下は水分吸収性の低下のみからは説明し難い大きさであるので、むしろ長期間の熟成によって水分吸収性と吸湿伸長性の両方にそれぞれ影響を与えるような特性の変化が塗工紙の構造に生じたものと考えるのが合理的である。おそらく塗工紙の、架橋結合性耐水化剤を含む塗膜自身が、時間の経過とともに硬化し、水分による膨潤性を失ない、同時にこれらの塗膜成分の一部が浸透した原紙層の性質も同じ方向に変化することが上記の熟成効果の原因であろうと思われる。

3.2 紙の伸縮安定性と Wavy edge 発生の関係

上述の例においても示されているように塗工紙の吸湿伸長性は wavy edge 発生の重要な原因であるので、WEN と ΔRH の間の関係を吸湿伸長性の函数として理解するために、これら3つの特性の関係を解析した。

Fig. 4 Rate of humidity expansion with relative humidity being raised from 65% to 85%

Basis weight : 104.7g/m²

Fig. 4 は 20°C, 65% RH において予め調湿した塗工紙試料を RH 85% の加湿器に移した場合の吸湿伸長を時間の函数として図示したものである。この図からわかるように試片の吸湿伸長は最初は急速に起るが時間の経過と共に漸次増加が緩慢となり、一定の極限值に収斂する傾向を示す。それぞれの塗工紙試料の吸湿伸長特性の差はこれらの曲線の比較によって明瞭に識別する事ができる。Fig. 4 には単に坪量 104.7 g/m²

の試料の測定結果のみを例示したが、同様の測定を WEN の測定に供した全試料について行ない、吸湿時間30分における伸長率の値を各試料の吸湿伸長性を表わす指標値として採用した。

Fig. 5 Relationship between humidity expansion and water expansion

Fig. 6 Dependence of wavy edge number upon hygro-expansivity of paper

Fig. 5 は参考として上記のようにして求めた吸湿伸長率 (RH 65→85%) を、湿潤伸度 (試片を水中に浸漬した場合の伸長率) と比較した結果を示す。この図には WEN の実験に用いた 22 種類の試料以外のデータをも含めてプロットした。この図に示されているように、吸湿伸長率と湿潤伸長率の間には勿論相関関係が存在するが、変動もかなり大きく、必ずしも一義的な関係にあるとは言えない。湿潤伸度の測定においては紙を構成する各繊維が完全に水で湿潤され、抄紙乾燥過程において生じた可逆的収縮 (繊維内収縮の大部分と繊維間収縮の一部^{3),4)}) はすべて伸びとして復元されるのに対し、吸湿伸長率の測定においては一定の RH 変化に対応する吸湿度自体がそれぞれの紙の乾燥履歴によって変動し、また一定の水分吸収によって生ずる伸びも紙構造内の乾燥固定歪の解放の程度によって変動すると考えられるので、両者の関係にかなりの変動があることは当然であり、屢々行なわれるように湿潤伸度を指標として水蒸気と紙との反応に関する事象を論ずることは不適当と思われる。

RH 65% において調湿した試料を RH 85% に曝した場合の WEN を、同じ湿度範囲の吸湿伸長率に対してプロットすると、両者の間に Fig. 6 に示すような比例関係が成立することがわかった。この図からそれぞれの吸湿伸長率の値に対応する WEN を読み、前述の Fig. 2, Fig. 3 の結果より WEN と紙と大気の湿度差 ΔRH の間に直線関係が成立すると仮定して、WEN と吸湿伸長率、 ΔRH の関係を Fig. 7 のよう

Fig. 7 Contribution of ΔRH (difference of RH between paper and atmosphere) and hygro-expansivity of paper to wavy edge number

に作図した。この結果から明らかなように、WEN は大気の RH が紙の RH を超えて上昇するにつれて直線的に上昇し、その傾斜は紙の吸湿伸長性の函数として決定され、一般に

$$WEN = (a + bE) \Delta RH$$

E : 吸湿伸長率 (RH 65→85%)

a, b : 常数

の形で表わされる。次に実際のオフセット印刷において、紙と大気の RH がどの程度まで隔っていても實際上問題とすべき紙の変形やミスレジスターを生ずることなく作業できるかを判断するためには、WEN の許容限界値を設定する必要がある。上述の実験結果は wavy edge の発生を皆無とするためには ΔRH を零とすること、すなわち紙と大気の相対湿度を完全にバランスさせることの必要性を示しているが、現実の問題としてはそのような条件を成立せしめることは不可能に近く、また必要でもないと考えられる。この実験において WEN 許容限界値を 15 と設定したのは、前 2 報^{1),5)} に述べた印刷レジスターに関する研究に際して、印刷前の wavy edge の状態とその印刷レジスターに対する影響との関係を観察した結果に基いて判断したもので、任意的要素を含むことは否定できないが、実際の印刷結果の裏づけをもつ意味での客観性を備えている。そこで WEN をこの許容限界内に抑えることを条件として、紙と大気の湿度差がどの程度まで許容できるかを Fig. 7 を用いて推定することができる。この研究に用いた各種市販塗工紙の中、最も吸湿伸長率の小さい良好なグループ (吸湿伸長率 0.2~0.3%) に関しては、 ΔRH 15(%) に達するまで wavy edge による問題とすべき影響は現われないとみなすことができる。他方最も吸湿伸長率の大きい、寸法安定性の不良なグループ (吸湿伸長率 0.6~0.7%) については、 ΔRH 10% において既に危険な領域に入っていると考えねばならない。大部分の塗工紙について ΔRH の許容限界は 10~15% の範囲にあると考えられる。

上述の WEN 試験においては試料の大気露出時間を 48 時間と非常に長くとり、十分に紙の変形を完了させた場合の wavy edge を観察しているが、更に詳細には wavy edge を大気露出時間の函数としてとらえることが必要であろう。事実大気露出時間が短い場合には ΔRH が前述の許容限界を越えていても問題とすべき wavy edge は発生せず、印刷におけるミスレジスターの防止も可能であることは実験的にも認められており、また工業規模の印刷においてもしばしばこのような湿度条件での作業が一応問題なく行なわれる場合がある。しかしながらこのような湿度条件は、常にその影響を補償するための慎重な配慮が払われない限り wavy edge による問題発生の危険性を含んでいることに注意が必要である。

WEN が同一であれば、どのような紙についても印

刷レジスターに対して同じ影響が現われるか否かについては疑問があり、おそらく紙の剛度などの性質がこの関係に対して影響を与えるものと考えられる。この点は今後の研究において解明しなければならない。

4. 総 括

オフセット印刷において発生するミスレジスターの最も重要な原因の1つである wavy edge を数値的に表現、研究する目的で、wave edge number を紙片縁端部の一定距離内に発生する wavy の数と平均高さの積として定義した。多数の塗工紙試料について wavy edge number と ΔRH (紙と大気湿度差) の関係を調べ、wavy edge number は ΔRH の増大に比例して直線的に増大し、その傾斜は紙の吸湿伸長性に比例することを確めた。印刷時のレジスターに実際上の影響のない wavy edge number の許容限界を経験的に設定し、これに基づいて一般市販塗工紙の ΔRH の許容限界を 10~15% と推定した。紙と大気との間

にこれ以上の隔差があれば、この影響を補償するための特別な配慮が払われない限りミスレジスター発生の危険が常に含まれていると考えねばならない。

文 献

- 1) 高橋昭之介, 白石孝久, 岩田惇 “塗工紙のレジスター特性について 第1報”, 紙パ技協誌 (23 No. 11, 457 (1969))
- 2) E. F. Pritchard: “Paper Handling and Air Conditioning”, Lithography in 1960, p. 167, PATRA Offset-Litho Conference, Harrogate, 31 January to 3 February (1960)
- 3) H. F. Rance: Tappi, 37, 12, 640—654 (1954)
- 4) R. H. Marchessault, W. C. Lodge, and S. G. Mason: Svensk Papp-Tidn., 59, 24, 859 (1956)
- 5) 高橋昭之介, 白石孝久, 岩田惇: “塗工紙のレジスター特性について 第2報”, 紙パ技協誌 23 No. 11 515 (1969)
(原稿受付 昭 44.9.6)

技 術 情 報

抄紙工程に不可欠のオンライン静電加湿装置を静電機器の日本工芸, 抄紙機の日本製鋼と王子製紙が協同開発し遂に完成, 好成績をおさむ。

これまで紙に加湿するための装置としては、量産性、紙種適用範囲、性能保守、コストの諸点を満足せられるものが少なかったため、新たな加湿装置の開発が長年の夢であった。

日本工芸工業(株)は電気集塵装置のほか多くの機器と設備を開発、販売し、静電気応用工業部門のパイオニアとして今日迄活躍して来た。この静電気の技術と高度の塗装技術を、西独フォイト社との技術提携先たる製紙機械メーカー(株)日本製鋼所の卓越した技術を結集して、王子製紙と5年間協同開発研究を行ない、画期的な性能をもつ、静電加湿装置の開発と製品化に成功した。

構造と原理

本装置はノズルバー、電極ロール、高電圧供給装置、水供給タンク、空気供給装置および制御操作盤から構成されている。ノズルバーは紙の表および裏側にそれぞれ配置されており、これには一定間隔ごとに紙幅方向にノズルが取付けられておる。多くのノズルは加湿量に応じた水量がそれぞれ制御操作上の流量計付ニードル弁にて調整指示され、空気供給装置から所定圧力に設定された空気がノズルに与えられると微細な水粒

子が独特のパターンとして走行紙に供給される。電極ロールはそれぞれノズルバーに対向した紙の裏側に設けられ、ノズルとの間に高電圧供給装置からの高電圧によって電界が形成される。ノズルおよび水供給系全体は大地電位に維持され、一方電極ロールは大地電位物から絶縁支持され高電位に維持される。

噴霧された水粒子は電極ロールとノズル間の電界によって帯電し電極ロール方向に電気的に吸引される際電極面上は通過する紙に沈着して静電加湿がなされる。

仕 様 例

以下仕様は稼動中の一例を示すものであり、現在の抄紙機及びコーターのあらゆる機種に適用できる。

1. ライン仕様

紙 幅	3,400 mm
抄 速	300 m/min
米 坪	50~210 gr/m ²
紙 種	上質紙

2. 加湿仕様

加 湿 量	常用 1.5%, 最大 2.5% (両面)
加湿精度	±0.3%

3. 装置仕様

方 式	空気霧化静電加湿方式
電極方式	回転電極ロール
印加電圧	100 kV
電 流	400 μ A
通紙方式	キャリアーロープ方式