

インクジェットプリントの後処理工程における 高圧蒸熱処理法の可能性の検討

丸 弘樹* 伏木 徹* 佐瀬 文彦*

High Pressure Steam Treatment in Post-Processing of Textile Digital Printing
Hiroki MARU, Toru FUSEGI and Fumihiko SASE

ポリエステル生地インクジェットプリントにおける熱処理について蒸気の有無や時間、温度、圧力を変えた熱処理を実施した。その結果、異なる熱処理で同等の発色性が得られる範囲を可視化する発色性マップを得ることができた。また、乾熱処理と同等の発色が得られる高圧蒸熱処理条件を見出し、生地幅に依存しない大柄の試作支援が可能になった。

Key words: 捺染, インクジェットプリント, 熱処理

1 はじめに

インクジェット方式による捺染(インクジェットプリント)は、製版が不要であることから従来のスクリーン捺染に比べてデザイン変更が容易となる。そのため、繊維製品に対して従来の捺染では困難であった個人の趣味嗜好や季節性等の価値を付与できる。

インクジェットプリントは、転写紙を用いた昇華転写プリントと生地に直接プリントを行うダイレクトプリントがある。ダイレクトプリントは、鮮明な発色と高い堅牢度を得るために、プリント前後の処理工程として布帛表面に糊剤を塗布する前処理と、染料の固着・余分な糊剤と染料を洗い流す後処理(熱処理、ソーピング処理)が必要となる。

熱処理¹⁻³⁾について着目すると、熱は熱風を利用した乾熱と蒸気を利用した湿熱(蒸熱)に大別され、処理方式は連続式とバッチ式に大別される。連続式は、常に同じ処理温度・時間に設定されているため1種類を大量に熱処理することに向いている。反対に、バッチ式は処理温度・時間の変更が容易であるため多品種の熱処理に向いている。

ポリエステルのダイレクトプリントでは、180℃程度の乾熱処理または130℃程度の高圧蒸熱処理が経験的に適用される。しかし、各熱処理方法における主要因の温度、時間、圧力と発色性の関係は対応づけられていないため、熱処理方法を変えた場合に同等の発色性が得られる条件は明確とは言えない。熱処理方法が機器に依存せず自由に選択可能になることで、既存熱処

理装置の有効活用に繋がるだけでなく、インクジェットプリンタの新規導入における機器選択の幅が広がることを期待される。特に、センターにおいては、バッチ式の高圧蒸熱処理が適用できるようになれば、生地幅に依存しない熱処理が可能になり、大柄生地の試作支援ができる。

以上のことから本研究では、ポリエステルのインクジェットプリントに高圧蒸熱処理を適用することを想定し、熱処理条件と発色性の関係を明らかにすることを目的とした。この目的のために、ポリエステル生地について蒸気の有無や時間、温度、圧力を変えた種々の熱処理を実施し、各熱処理条件と発色性の関係を発色性マップにより可視化した。そして、乾熱処理と同等の発色性を実現できる高圧蒸熱処理法を検討した。さらに、生地の設計要素が熱処理に及ぼす影響についても検討した。

2 研究の方法

2.1 生地とプリント対象について

プリントする生地として、表1に示す2種類の平織物(いずれもポリエステル100%)を選定した。この生地に対して表2に示す前処理レシピに基づいて調製した前処理剤を図1のようにマングルを用いて塗布した。塗布量は乾燥後の塗布量がメーカー推奨の0.5g/m²になるようにした。

プリント対象は、単一の染料のみを吐出する色彩3種類(Cyan:C100, Magenta:M100, Yellow:Y100)とこれらの染料を同一配分で吐出した色彩4種類

* 栃木県産業技術センター 繊維技術支援センター

(C100M100Y100, M100Y100, C100M100, C100Y100)を基準画像とした。

次に、図 2 に示すテキスタイルインクジェットプリンタ(Tx2-1600, ミマキエンジニアリング社製)を用いて、それぞれの基準画像が 3×3cm の大きさになるように生地にプリントした(図 3 参照)。

表 1 生地の詳細

	薄地	厚地
組織	平織	平織
織度[ex]	8.25	16.5
目付[g/m ²]	71.8	120
たて糸密度[cm ⁻¹]	47	30
よこ糸密度[cm ⁻¹]	35	27

表 2 前処理レシピ

	濃度(wt%)
糊剤(CMC)	0.7
純水	99.3
合計	100



図 1 前処理方法



図 2 テキスタイルインクジェットプリンタ

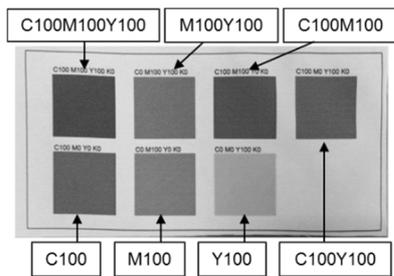


図 3 基準画像のプリント

2. 2 熱処理実験

2.1 節で作製したプリント生地を用いて以下の熱処理実験を行った。

2. 2. 1 乾熱処理実験

乾熱処理実験では、図 4(a)に示す送風定温恒温器(DKN602, ヤマト科学社製)を用いた。本装置は幅 600mm×奥行 500mm×高さ 500mm の恒温層内でバッチ式の熱処理が可能である。すなわち、処理できる生地の幅と長さに制約がある。

熱処理は蒸気を使用せず、温度を 2.2.2 項にて後述する熱処理装置の設定上限値 200℃を基準に、40℃間隔となる 160℃, 120℃とメーカー推奨の 180℃を加えた 4

水準とした。処理時間は 1, 5, 10 分とし、これらを組み合わせ合わせた合計 12 条件で実験を行った。

熱処理後は、いずれの条件とも次に示す(1)水洗 5 分, (2)80℃還元洗浄 10 分, (3)50℃湯洗 5 分, (4)水洗 5 分, (5)乾燥の手順でソーピング処理を行った。

2. 2. 2 常圧蒸熱処理実験

常圧蒸熱処理実験では、図 4(b)に示す HT スチーマ(イチキンミニスチーマースチームペット, 市金工業社製)を用いた。本装置はヒータとスチーマによって構成され、連続式の常圧蒸熱処理が可能である。処理できる生地は、長さ方向に制約はないものの、幅が 500mm 以下に限られる。また、定温制御可能な範囲は、常圧(0.1MPa)環境下における 100~200℃である。

熱処理は過熱蒸気を使用して、温度を 120, 160, 200℃の 3 水準、処理時間を 1, 5, 10 分の 3 水準とし、これらを組み合わせ合わせた合計 9 条件で実験を行った。熱処理後は 2.2.1 項と同様のソーピング処理を行った。

2. 2. 3 高圧蒸熱処理実験

高圧蒸熱処理実験では、図 4(c)に示す HP スチーマ(SS-1S, 辻井染機社製)を用いた。本装置は密閉された槽内にて蒸気を加圧することでバッチ式の高圧蒸熱処理が可能である。処理できる生地は、長さが 1m 程度と制約があるものの、生地幅規格の最大であるダブル幅(180cm)まで可能である。また、圧力制御可能な範囲は 0.1~0.44MPa であり、その際の処理温度はおおよそ 100~140℃となる。

熱処理は蒸気を使用して、圧力 0.3, 0.4, 0.44(設定上限値)MPa の 3 水準、時間を 1, 5, 10 分の 3 水準とし、これらを組み合わせ合わせた合計 9 条件で実験を行った。なお、各設定圧力下において計測された温度は、0.3MPa:123℃, 0.4MPa:135℃, 0.44MPa:138℃であった。熱処理後は 2.2.1 項と同様のソーピング処理を行った。

2. 3 発色性評価方法

田上らは、染色の後処理として乾熱処理、蒸熱処理を適用した際の処理温度および時間と発色性の関係を K/S 値から比較検討している⁴⁾。K/S 値は、塗膜の光学的性質の分析に用いられ、分光反射率測定における最小反射率波長の反射率から算出される表面色濃度の指標である⁵⁾。このことから、インクジェットプリントの発色性評価について K/S 値による数値的検討が有効であると考え、以下の手順で発色性の数値化を行った。すなわち、(1)360~740nm の範囲で 10nm 毎に分光反射率を測定、(2)各波長において得られた反射率を式 1 に従って K/S 値に変換、(3)式 2 に従って全波長帯の積算(Total K/S)をプリント生地の発色性として算出、(4)熱処理後の Total K/S と熱処理およびソーピング処理



(a) 送風定温恒温器



(b) HT スチーマ



(c) HP スチーマ

図4 熱処理装置

を施していない未処理の Total K/S の差分を熱処理効果として算出した。なお、測定機器は分光測色計 (CM-3700d, コニカミノルタ社製) とした。測定方法は、φ8mm の測定径で拡散照明光 8 度受光の幾何条件とした。測定箇所はそれぞれの基準画像内の異なる 3 箇所とし、その平均値を求めた。

$$K/S = \frac{(1 - R_\lambda)^2}{2R_\lambda} \quad \text{式 1}$$

R : 反射率

λ : 波長 (nm)

$$\text{Total } K/S = \sum_{\lambda=360}^{740} (K/S)_\lambda \quad \text{式 2}$$

2. 4 発色性マップの作成

2.2 節の実験および 2.3 節の評価方法に基づいて得られた熱処理効果を温度 (圧力), 時間の 2 軸上において等高線グラフ化し, これを各熱処理条件における発色の程度を表す発色性マップと定義し作成した。

3 結果及び考察

3. 1 熱処理実験結果

各基準画像について熱処理効果を比較したところ, 高度に有意な相関が得られた。すなわち, 用いた染料 (Cyan, Magenta, Yellow) の処理温度または時間に対する特性には大きな差異はないことがわかった。

したがって, 本研究では C100 の基準画像について熱処理効果の比較と発色性マップの作成を行った。

3. 1. 1 乾熱処理結果

乾熱処理実験において得られた熱処理効果を表 3 に示す。表 3 より, 120°C において, いずれの条件とも負の熱処理効果になった。これは温度が低く, ポリエステル繊維の軟化が十分に起こらず, 染料の拡散・固着ができなかったためであると考えられる。

一方, 200°C 5 分は最も熱処理効果が正に大きくなった。これは, ポリエステル繊維の軟化によって, 染料の拡散・固着が起きたためであると考えられる。しかし, 200°C 10 分では, 200°C 5 分に比べて効果が低減している

ことがわかる。これは, 染料が繊維に固着せずに昇華してしまったためと考えられる。このことから, 最適な温度, 時間にはピークがあることがわかった。

表 3 乾熱処理における C100 薄地の熱処理効果

		温度 (°C)			
		120	160	180	200
時間 (分)	1	-71.9	-19.1	25.1	71.6
	5	-70.6	23.2	55.9	75.4
	10	-65.8	45.4	61.9	39.7

3. 1. 2 常圧蒸熱処理結果

常圧蒸熱処理実験において得られた熱処理効果を表 4 に示す。表 4 より, 200°C 1 分は最も熱処理効果が正に大きくなった。しかし, 生地の変縮が起こり風合いに硬化がみられた。これは熱処理で加えられた過熱蒸気の高いエネルギーによるポリエステル繊維の軟化と, その後の急冷によって生じたものと考えられる。

表 4 常圧蒸熱処理における C100 薄地の熱処理効果

		温度 (°C)		
		120	160	200
時間 (分)	1	-61.6	-32.6	79.4
	5	-28.6	74.6	0.1
	10	14.3	24.9	-51.9

3. 1. 3 高圧蒸熱処理結果

高圧蒸熱処理実験において得られた熱処理効果を表 5 に示す。表 5 より, 0.4MPa 10 分は最も熱処理効果が正に大きくなった。また, 常圧蒸熱処理のような生地の変縮と風合いの硬化はみられず, 比較的低温の 135°C で効果的な処理ができることがわかった。これは, 加圧によってポリエステル繊維の分子中に隙間が生じ, 低温であっても染料の拡散が起こったためと考えられる。

表 5 高圧蒸熱処理における C100 薄地の熱処理効果

		圧力 (MPa)		
		0.30	0.40	0.44
時間 (分)	1	-54.4	11.3	-8.2
	5	-31.0	43.9	15.8
	10	-1.2	65.7	24.6

3.2 熱処理条件と発色性の関係

各熱処理方法によって得られた発色性マップを図5に示す。図5より、高い発色性が得られる温度および時間領域を可視化するとともに、異なる熱処理方法間で同等の発色性が得られる範囲がわかった。

3.3 生地が目付が発色性に及ぼす影響

乾熱処理における薄地と厚地の熱処理効果を比較した結果を図6に示す。図6より同一熱処理条件においては厚地生地の方が大きな熱処理効果が得られることがわかった。これは、目付が大きい(繊維量が多い)ほど、多くの染料を受容できるためと考えられる。また、厚地の5分以降で熱処理効果の減少がみられるが、これは染料の昇華に起因するものと考えられる。

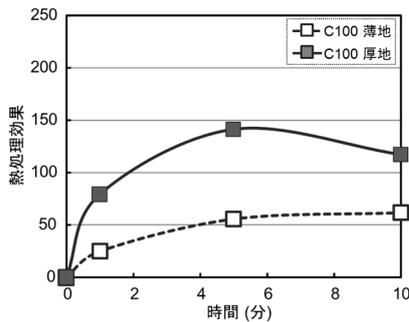


図6 目付が熱処理効果に及ぼす影響

4 おわりに

本研究では、熱処理条件と発色性の関係を明らかにすることを目的に、ポリエステル生地について蒸気の有無や時間、温度、圧力を変えた熱処理を実施した。

その結果、乾熱処理においては最適な熱処理効果が得られる温度、時間にはピークがあることがわかった。常圧蒸熱処理においては、加える熱エネルギーが大きすぎると生地の風合いが硬くなることがわかった。高压蒸熱処理においては、0.4MPa10分の処理条件が最も熱処理効果が高いことがわかった。また、発色性マップにより、異なる熱処理方法間で同等の発色性が得られる範囲を可視化することができた。

これらことから、ポリエステルのインクジェットプリントにおいて乾熱処理と同等の発色が得られる高压蒸熱処理条件を見出し、生地幅に依存しない大柄の試作支援が可能になった。

参考文献

- 1) 清水融ら：“繊維学会誌”，23(3)，125-132，(1967)
- 2) 増子徹：“繊維学会誌”，36(2)，41-49，(1980)
- 3) 安田武：“繊維学会誌”，17(1)，55-59，(1961)
- 4) 田上真二ら：“広島県立東部工業技術センター研究報告”，15，65-68，(2002)
- 5) Paul Kubelka and Franz Munk：“Zeitschrift für technische Physik”，11，593-601，(1931)

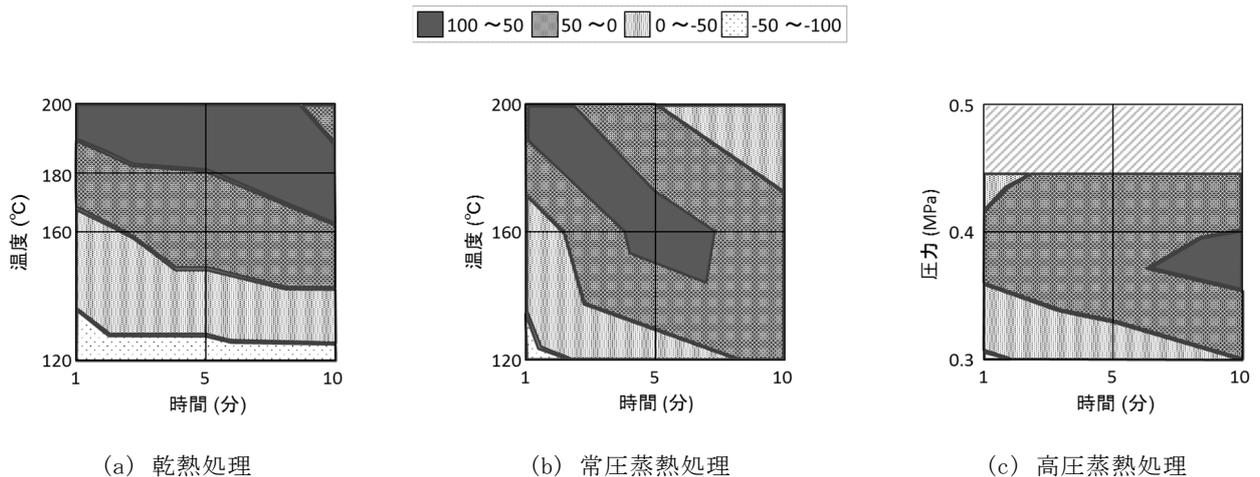


図5 発色性マップ