

天然素材のバナジウム媒染による機能化

上垣良信・阿部治・塩澤佑一朗・長谷川達也^{*1}

Functionalization of Natural Material by Using Vanadium-Mordanting Methods

Yoshinobu UEGAKI, Osamu ABE, Yuichiro SHIOZAWA and Tatsuya HASEGAWA^{*1}

要 約

バナジウム担持布帛は、高い光吸収発熱保温効果が得られる。天然素材のウールは、バナジウム媒染後に化学染料で染色しても高い光吸収発熱保温効果が失われない。さらに若干の彩度低下となるが染色との同時媒染においても高い発熱保温効果が得られる。同時媒染はコストを下げることで実用的である。従来の発熱保温素材は練り込み法による樹脂系素材だけに限定されてきたが、本手法では天然素材への導入が容易に可能で、カラーバリエーションを任意に選べる点が優れている。

1. 緒 言

環境省では地球温暖化対策の1つとして、クールビズに加えウォームビズを提唱している。これに対応すべく、ポリエステル等の化学繊維素材メーカーが発熱する素材を開発している。しかしながら、これらは炭化ジルコニウム (ZrC) を樹脂に練り込む技術¹⁾等で、天然素材への導入が困難である。さらに灰色系の色合いに限定される。このため、従来は発熱ポリエステル素材と天然素材の複合糸利用や交織によって対応しているが、天然素材部分の機能が発現されない問題がある。一方、ストール、マフラー、日傘、服地さらにはネクタイにおいて天然素材を用いた製品が近年人気を博し、これらの新商品開発も多く見られる。これまでに、植物染料での染色課題であった濃黒色性及び耐光性を同時に解決する新しい発色補助剤としてバナジウムを利用し、植物由来ポリフェノールで染色する方法を開発し、その染色最適条件を明らかにしてきた^{2,3)}。そこで、本研究により天然素材に微量に担持された媒染剤バナジウムにおける光吸収発熱保温機能を解明し、快適性繊維製品等の産地新商品開発に繋げることを目的とした。

2. 実験方法

2-1 バナジウム先媒染方法

硫酸バナジル (VOSO₄) を 5.0×10^{-2} mol L⁻¹ に調製し、小型の回転式ポット染色試験機である MINI COLOUR (株) テクサム技研) を用いてウール 10g (JIS 試験

布、(財)日本規格協会 (JSA)) を媒染した (浴比 1:20, 100°C, 1時間)。

2-2 染色方法

先媒染ウールは MINI COLOUR を用いて染色した (浴比 1:20, 100°C, 1時間)。酸性染料 (Kayanol Milling) による 3 原色系の色相・色彩への染色は、それぞれ赤色: Red GRN, 緑色: Green 5GW, 青色: Cyanine 5R の染料を 2.00% o.w.f. の濃度で行った。染色とバナジウム処理を同時に行う同時媒染は赤色染料を用いた。染色後、これらの布帛を 2 g L⁻¹ のマルセル石鹼溶液でソーピングし (浴比 1:20, 50°C, 20 分間)、その後 5 分間流水で洗った。

2-3 市販品の製品染め

市販品の製品染めは同時媒染で行った。硫酸バナジルを 1.0×10^{-1} mol L⁻¹ に調製し、青色の酸性染料 (Kayanol Milling Cyanine 5R) を 2.00% o.w.f. の濃度で染色する市販品の製品染めを行った。MINI COLOUR を用いてシャツ (スーパーメリノウール L.W. V ネックシャツ Men's s サイズ、(株)モンベル) を染色した (浴比 1:20, 100°C, 1時間)。染色後、2 g L⁻¹ のマルセル石鹼溶液でソーピングし (浴比 1:20, 50°C, 20 分間)、その後 5 分間流水で洗った。

2-4 色彩評価

染色後の色彩評価は分光測色計 (SD-6000, 日本電色工業 (株)) で数値化し、色彩管理ソフト (Color Mate Pro, 日本電色工業 (株)) の $L^*a^*b^*$ 表色系で評価した。測定径 $\phi 6.4$ mm, 光源 D65, 10°視野, 正反射光を含むモードで測定した。

^{*1} 山梨県富士山科学研究所

表 1 Cyanine 5R, Green 5GW, Red GRN と VOSO₄ 処理を用いて得られるウールの色彩と色相

Dye composition	<i>L</i> *	<i>a</i> *	<i>b</i> *
VOSO ₄ (5.0 × 10 ⁻² mol L ⁻¹) / Red GRN (2.00% o.w.f.)	24.4	28.8	15.6
VOSO ₄ (5.0 × 10 ⁻² mol L ⁻¹) / Green 5GW (2.00% o.w.f.)	19.4	-13.2	3.90
VOSO ₄ (5.0 × 10 ⁻² mol L ⁻¹) / Cyanine 5R (2.00% o.w.f.)	13.7	0.179	-1.09
VOSO ₄ (5.0 × 10 ⁻² mol L ⁻¹) + Red GRN (2.00% o.w.f.)	23.5	22.8	11.9

2-5 光吸収発熱保温性試験方法

光吸収発熱保温性試験は、直径 2 cm の円形に切り出した生地を用いた。生地は、化学染料で染色した 4 種類のウール、対照の未加工ウール、市販の ZrC が練り込まれたポリエステル糸を緯糸に製織した生地*の 6 種類である。これらの生地は、断熱材発泡スチロールの上に光軸からそれぞれ直径 10cm の円上に均等に配置した（図 1）。30 cm の距離から写真用レフランプ（PRF-500WD, 岩崎電気（株））を用いて 10 分間照射した後、直ちにレフランプの電源を切り、その状態で続けて 5 分間温度の同時測定を行った。温度測定は小型放射温度計（赤外線サーモグラフィ InfReC Thermo GEAR G100, NEC Avio 赤外線テクノロジー（株））を用いて約 45°の方向から 70 cm の距離で各生地の中心点を測定した。測定環境は 20 ± 2°C, 湿度 60 ± 4%とした。

*経：ポリエステル 75 D/2 本，緯：ポリエステル（ZrC 練り込み糸）250 D/1 本，密度：タテ 188 本 × ヨコ 67 本 / インチ，組織：5 枚サテン

3. 結果および考察

3-1 染色結果

表 1 にバナジウム担持ウールの酸性染料染色後の色彩・色相を *L***a***b**値で示す。同時媒染は先媒染の場合と比べて *L***a***b**値それぞれが若干低下している。このことは明るさ・赤味・黄色味がそれぞれ低下したことを示し、同時媒染法は求める色調に対して鮮やかさをプラスする調色が必要となるが、低彩度なカラーバリエーションは揃えやすくなることを示している。また、同時媒染法は加熱工程が減るため低コスト染色方法であるといえる。

3-2 光吸収発熱保温性試験の結果

図 1, 2, 3 に光吸収発熱保温性試験の結果を示す。図 2 より、従来の ZrC 練り込みポリエステル糸を緯糸として製織した生地 (x) よりも、バナジウム媒染ウール (b, c, d, e) の生地表面温度は 6.0 ~ 11.2°C の範囲で高くなっている。このとき、未加工ウールとの差は最も高いもので 20.9°C (a と e の比較) ある。また、消灯 1

分後では生地 (x) はポリエステル素材であるため未加工ウールよりも早く冷えているが、全てのバナジウム媒染ウールは未加工ウールよりも 1.0°C 以上高い温度を保持している。従来の発熱素材の指標は加工品と未加工品の温度差が照射 10 分後 2.0°C 以上、消灯 1 分後 1.0°C 以上である⁴⁾。これらのことから、天然素材であるウールにバナジウムを導入し、任意の色に化学染料で染色しても、非常に高い発熱性と保温性を発揮するといえる。



図 1 光吸収発熱保温性試験の様子

a:未加工ウール, b:VOSO₄ / Red GRN, c:VOSO₄ / Green 5GW
d:VOSO₄ / Cyanine 5R, e:VOSO₄ + Red GRN,
x:ZrC 練り込みポリエステル生地

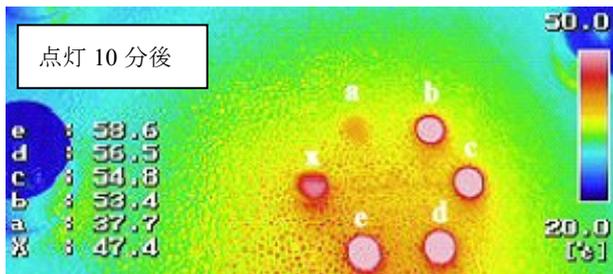


図2 光吸収発熱保温性試験における生地表面温度 (サーモグラフィ)

a:未加工ウール, b:VOSO₄ / Red GRN, c:VOSO₄ / Green 5GW
 d:VOSO₄ / Cyanine 5R, e:VOSO₄ + Red GRN,
 x:ZrC 練り込みポリエステル生地



図3 光吸収発熱保温性試験における生地表面温度 (サーモグラフィ)

a:未加工ウール, b:VOSO₄ / Red GRN, c:VOSO₄ / Green 5GW
 d:VOSO₄ / Cyanine 5R, e:VOSO₄ + Red GRN,
 x:ZrC 練り込みポリエステル生地

3-3 市販品の製品染めサンプルの光吸収発熱保温性

図4に製品染めたウールシャツの写真を示し、図5と図6にこのシャツの光吸収発熱保温性試験結果について示す。試験方法は異なるがモンベル社によると、スーパーメリノウールはレーヨン系発熱繊維2.0℃に対して5.0℃の上昇温度特性を持つ。このスーパーメリノウールをバナジウム同時媒染で染色すると、点灯10分後に未染色ウールの43.9℃に対して、染色ウールが62.6℃の高い発熱性を示す。また、消灯1分後に未染色ウール34.1℃に対して、染色ウールが42.4℃の高い保温性を示す。

次に、バナジウム同時媒染で染色したウールシャツの洗濯耐久性を調べた。JIS L 0217 103法の洗濯10回後に評価した結果を図7と図8に示す。洗濯後においても点灯10分後の未染色ウール42.7℃に対して59.2℃と高い発熱性を示し、消灯1分後の未染色ウール40.0℃に対して49.8℃の高い保温性を示している。図7と8の実験ではバナジウムを用いずに酸性染料のみで染めたウール生地も比較対照にして実施した。この対照のウール生地は点灯10分後の未染色ウール42.7℃に対して46.9℃、

消灯1分後に未染色ウール40.0℃に対して42.4℃であった。これらの結果から、バナジウムを用いずに染色する従来の方法においても、本実験で用いた製品では従来の指標程度の温熱効果は得られる。しかしながらバナジウム同時媒染で染色すると、高い温熱効果と洗濯耐久性を得ることができる。



図4 製品染めウールシャツの写真

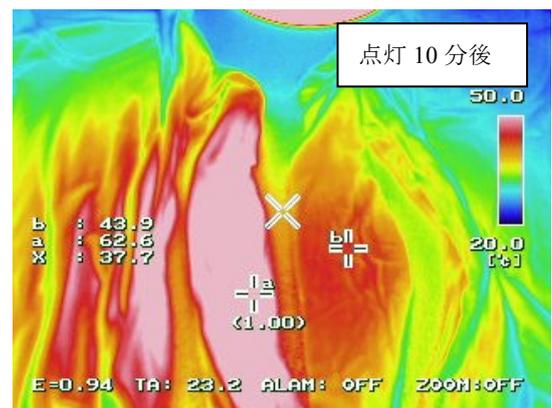


図5 V処理したウールシャツの点灯10分後におけるサーモグラフィ (左:同時媒染, 右:未処理)

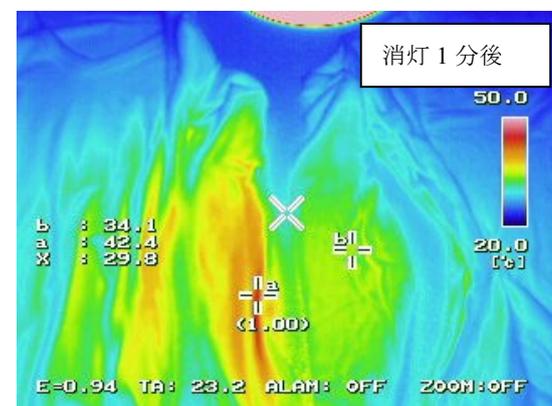


図6 V処理したウールシャツの消灯1分後におけるサーモグラフィ (左:同時媒染, 右:未処理)

4. 結 論

バナジウム担持布帛は、高い光吸収発熱保温効果が得られる。天然素材のウールは、バナジウム媒染後に酸性染料で染色しても光吸収発熱保温効果が失われない。また、バナジウム同時媒染による染色は、若干の彩度低下を引き起こすが、高い発熱保温効果が得られる。この方法は、加熱工程が短縮できるため、染色コストを下げることができる。従来の発熱保温素材は練り込み法による樹脂系素材だけに限定されてきたが、本手法は、天然素材への導入が容易に可能である。さらに、本手法は染色への影響が小さいため、カラーバリエーションを任意に選べる点が優れている。

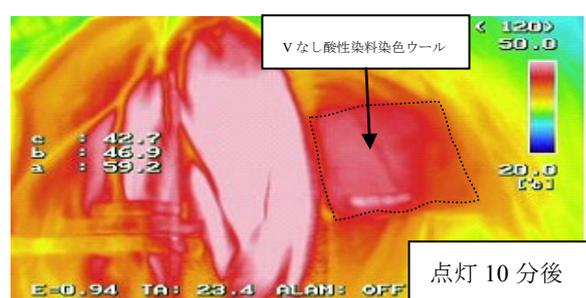


図7 V処理したウールシャツ（洗濯10回後）の点灯10分後におけるサーモグラフィ（左：同時媒染，右：未処理）

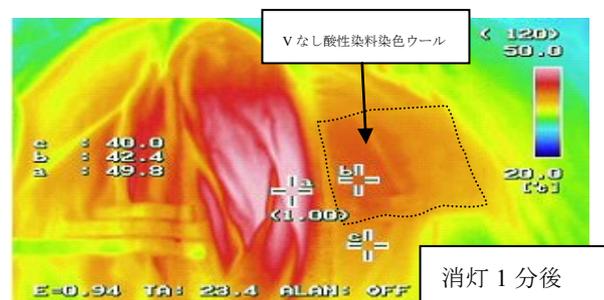


図8 V処理したウールシャツ（洗濯10回後）の消灯1分後におけるサーモグラフィ（左：同時媒染，右：未処理）

参考文献

- 1) 田中潤：快適保温素材「サーモトロンラジボカ」，日本繊維製品消費学会誌，Vol.54，No.12，pp.1050-1052（2013）
- 2) 上垣良信，他：バナジウムの染色技術への利用，維学会誌，Vol.69，No.55，pp.55-59（2013）
- 3) 上垣良信，他：植物染料五倍子染色におけるバナジウム先媒染の最適条件，日本繊維製品消費学会誌，Vol.55，No.4，pp.30-35（2014）
- 4) ボーケン品質評価機構一般財団法人：太陽光蓄熱機能性素材の評価試験方法，Vol.4，pp.6（2017）