

藍染め生地の色濃度とスクモに含まれるインジゴ量の関係

大島 雄三*¹ 堂ノ脇 靖巳*¹

Investigation of Quantifying Textile Color and Indigo Dye in *Sukumo*

Yuzo Ohata and Kiyoshi Donowaki

福岡県内では、糸や生地染色手法として、藍の葉を堆肥化させた天然染料「スクモ」を用いた藍染めが行われている。県内企業で利用されるスクモについて、藍色の色素であるインジゴの定量評価はされておらず、また、企業における製品づくりにおいては、藍染め製品の染色性評価は目視判断している状況にある。本研究では、数種類のスクモについてインジゴの定量分析を行うとともに、藍染綿布の染色性を評価した。この結果、スクモに含まれるインジゴ量と藍染綿布の染色性は、高い相関関係にあることがわかった。

1 はじめに

福岡県内では、糸や生地染色手法として、藍の葉を堆肥化させた天然染料「スクモ」を用いた藍染めが行われている。スクモに含まれる染色成分は、主に藍色の色素であるインジゴであり、インジゴの生成スキームを図1に示す。藍葉（生葉）にはインジカンという物質が存在する。このインジカンは、葉の乾燥や粉碎により葉に含まれる酵素と触れてインドキシルに分解され、インドキシルは空気中で速やかに酸化されてインジゴとなる¹⁾。藍の葉には、インジゴが約1%含まれているが²⁾、スクモではインジゴが2～3%^{3,4)}まで増加する。このインジゴの量は、藍の品種や堆肥化の条件（温度、期間など）によって変化するが、県内企業で利用されるスクモについて、定量評価はされていない。

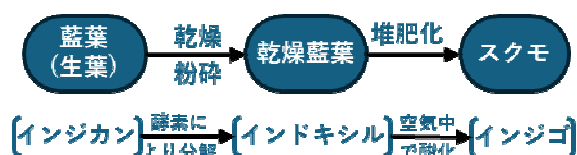


図1 インジゴの生成スキーム

また、スクモを用いた藍染めの手順を図2に示す。スクモに含まれるインジゴは、水に溶けない性質があり、このままでは染色できない。このため、インジゴをアルカリ還元して、水に可溶なロイコインジゴに変換する。この染色液に糸や布を浸すと、ロイコインジゴが繊維表面に吸着するとともに、酸化させることにより再び不溶性のインジゴに変換されて染着される⁵⁾。

染色液の調製手法は、図2に示す発酵建てと化学建ての二種類ある。これらの調製手法は、用いるスクモの種類や量、材料の混合量、攪拌頻度や保管温度などの条件によって、染色性が異なる。特に、染色性はスクモの分量に依存しないことがわかっている。しかしながら、藍染めを行う県内企業では、藍染め製品の染色性評価は、染色技術をもった職人による目視確認に頼っている現状にある。

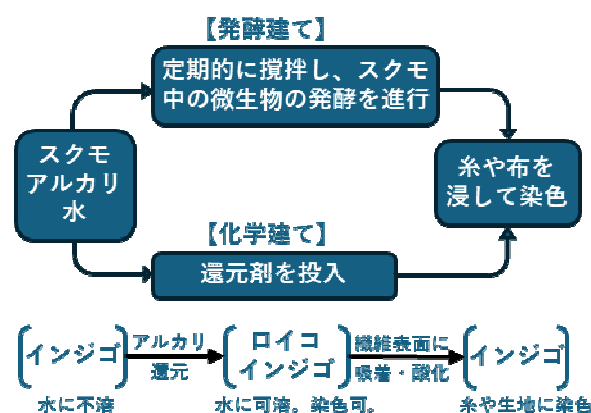


図2 藍染め手順

現在行われていないスクモの定量評価により、品質を知ることができれば、藍染めの染色性を予測できる。また、染色性を客観的に評価することで、安定した品質の製品開発につながると考えられる。

我々は、これまでに、スクモのインジゴ含有率及びスクモで染色した綿布の色差値(白色綿布との差)を評価し、両者に相関がある可能性を指摘している⁶⁾。本研究では、この相関を明らかにするため、複数のスクモについてインジゴ含有率と染色性を分析した。

*1 化学繊維研究所

2 研究、実験方法

2-1 インジゴ定量分析手順

表1に示すスクモについて、既報⁶⁾の手順に従い、ジメチルホルムアミド(DMF)を溶媒とした吸光度測定により、インジゴ含有率の定量分析を行った。また、スクモの原材料である藍葉を入手できたS2とS3については、乾燥後のインジゴ定量分析も行った。

2-2 スクモによる綿布の藍染め

藍染めは、表1に示すスクモS1～S5を用いた。アルカリ還元は、微生物の発酵状態による影響をなくすため、化学建てで染色液を調製し、表2に示す薬品を用いた。具体的には、スクモと炭酸ナトリウムをイオン交換水に混合し、40℃で1時間振とうさせた。次に、ハイドロサルファイトナトリウムを添加して全て溶解させた。染色は添付白布（（一財）日本規格協会製、JIS L 0803準拋染色堅ろう度試験用添付白布 綿（カナキン3号））約5 cm四方を投入して1時間ゆつくりと撈拌して行った。その後、染色綿布を取り出して水洗、乾燥した。なお、各スクモの染色液について、水素イオン濃度(pH)と酸化還元電位(ORP)を測定し、いずれもpH：9.0～11.0、ORP：-700～-900の範囲内であることを確認した。

染色（綿）布の評価は、分光色差計（日本電色工業（株）製SE7700）により添付白布を基準とした $L^*a^*b^*$ 及び色差値 ΔE^*_{ab} を測定して評価した⁷⁾。

表1 スクモの試料一覧

試料	産地	藍葉の品種
S1	福岡県	不明
S2	〃	小上粉
S3	〃	千本
S4	徳島県	不明
S5	〃	小上粉

表2 藍染に用いたスクモや薬品の分量

薬品等	分量
スクモ	1 g
炭酸ナトリウム※	1 g
ハイドロサルファイトナトリウム※	1 g
イオン交換水	30 mL

※いずれも富士フィルム和光純薬（株）製

3 結果と考察

3-1 スクモ及び藍葉のインジゴ定量結果と吸光度測定

スクモ及び藍葉に含まれるインジゴ含有率の定量結果を表3に示す。今回測定した試料のインジゴ含有率は1～2%であり、従来のスクモ^{3,4)}よりも低かった。同一の品種でもインジゴ含有率が異なることから、産地によってスクモに含まれるインジゴ含有率が大きく変化したと考えられる。

S2, S3, S5について、藍葉とスクモのインジゴ含有率を比較すると、両者は強い相関（相関係数0.88）にあり、藍葉のインジゴ含有率が高いほどスクモのインジゴ含有率も高いことが明らかとなった。

表3 スクモ及び藍葉に含まれるインジゴ含有率

試料	産地	藍葉の品種	インジゴ含有率(%)	
			スクモ	藍葉
S1	福岡県	不明	1.0	—
S2	〃	小上粉	1.3	0.9
S3	〃	千本	2.0	1.4
S4	徳島県	不明	1.7	—
S5	〃	小上粉	1.9	1.1※

※文献値²⁾（徳島県主力品種の小上粉白花）

次に、スクモの吸光度スペクトルを図3に示す。なお、参考として合成インジゴの吸光度スペクトルも併せて示す。一般的に、インジゴの吸光度は610 nm付近を極大点としたピークが現れる。今回の吸光度測定で、いずれの試料もインジゴ由来の610 nm付近（緑青）のピークが確認されたが、S1～S5で400 nm付近（黄緑）に、S1とS2で670 nm付近（青緑）に、それぞれピークが確認された。これらのピークは合成インジゴでは確認されなかったことから、スクモ中のインジゴ以外の染色成分^{1,8,9)}に由来すると唆される。

各試料について、インジゴ以外の染色成分に由来するピーク最大値を、インジゴのピーク最大値で除し、インジゴ以外の染色成分の相対比を算出した（表4）。これらの数値を比較すると、全ての試料で確認された400 nm付近のピークについては、S2>S1>S3>S4>S5、670 nm付近のピークは、S2>S1の順であった。このため、S1とS2に含まれるインジゴ以外の染色成分量は比較的多く、染色性に影響すると考えられる。なお、これらの染色成分については、特定できていない。

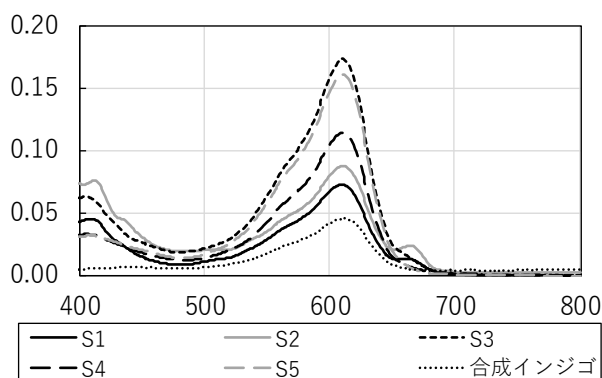


図3 スクモの吸光度スペクトル(溶媒:DMF)

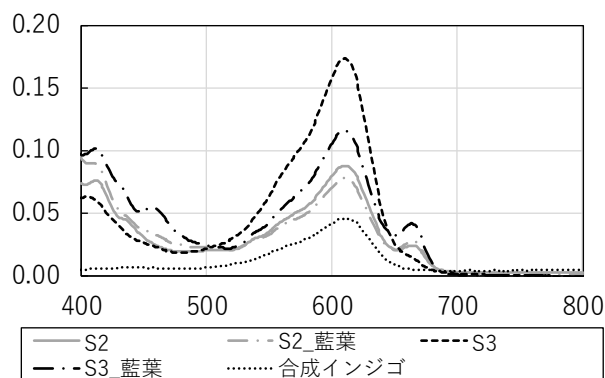


図4 藍葉及びスクモの吸光度スペクトル(溶媒:DMF)

表4 インジゴ以外の染色成分の相対比

試料	400 nm/610 nm		670 nm/ 610 nm	
	スクモ	藍葉	スクモ	藍葉
S1	0.62	—	0.19	—
S2	0.87	1.22	0.28	0.36
S3	0.36	0.87	—	0.36
S4	0.29	—	—	—
S5	0.20	—	—	—

※「—」は試料がない、もしくはピークが得られなかった。

また、S2とS3の藍葉及びスクモの吸光度スペクトルを図4に示す。藍葉の測定においても、インジゴ由来の610 nm付近のピークに加え、400 nm付近、670 nm付近にピークが確認され、インジゴ以外の染色成分の存在が示唆された。これらのピーク最大値をインジゴ由来の610 nmピークで除して相対比較すると(表4)、いずれのピークも藍葉で高くスクモで低いことから、堆肥化によってインジゴ以外の染色成分量は減少したと考えられる。一方、610 nm付近のピーク最大値は、藍葉で低くスクモで高いことから、堆肥化前後でセルロース等の分解が進み、相対的にインジゴ含有率が増加したと考えられる。以上のことから、堆肥化を充分行うことで、インジゴ含有率が高く、他の染色成分が少ないスクモになると示唆された。

3-2 藍染め生地染色濃度

表1に示すスクモで染色した藍染綿布を写真1に、色濃度 $L^*a^*b^*$ の測定値を図5に示す。写真1の藍染綿布を確認すると、S1とS2が淡色に、S3、S4、S5が濃色に見えた。

図5に示した $L^*a^*b^*$ のうち、明度を表す L^* は、S1とS2が明るく、S3、S4、S5が暗く、写真1の目視判断と同じ傾向であった。色度を表す a^* 、 b^* は、 a^* は+方向が赤色、-方向が緑色、 b^* は+方向は黄色、-方向は青色を示し、数値が大きくなるにしたがって色あざやかになり、中心になるにしたがってくすんだ色になる⁷⁾。今回の試料における b^* は、S5が-22と最も低く、その他の試料は-15~-18の範囲内にあった。目視ではS3やS4同程度の濃色であったS5は、 b^* では数値に差が生じ、あざやかな青色であることを示した。また、 a^* も変動しており、淡色に見えたS2が-11と最もあざやかな緑色を示し、濃色に見えたS5が-5と最もくすんだ緑色を示した。このことから、藍色の色素であるインジゴだけでなく、他の染色成分によって緑色のあざやかさが変化したと考えられる。

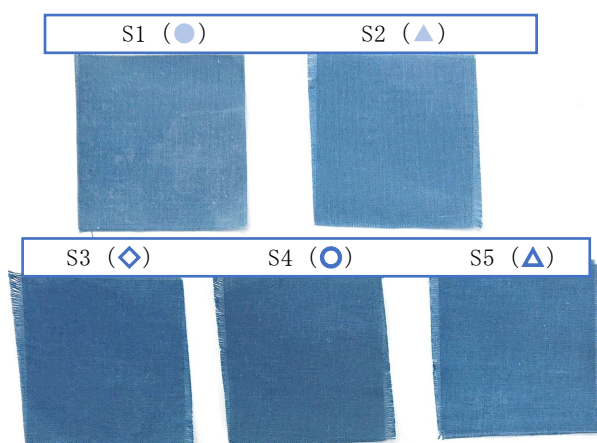


写真1 染色後の綿布

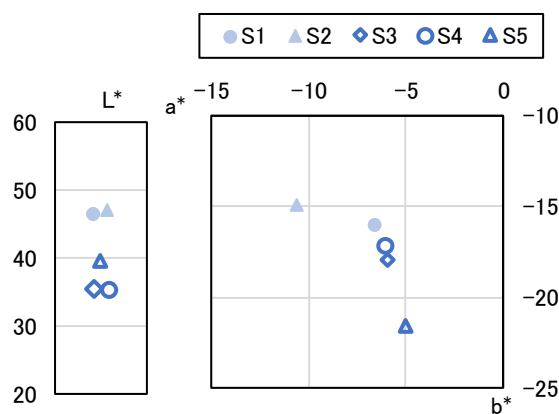


図5 藍染綿布のL*a*b*グラフ

3-3 スクモのインジゴ含有率と藍染綿布の色差値の関係

スクモのインジゴ含有率と藍染綿布の色差値 (ΔE^*_{ab}) との関係を図6に示す。この図より、スクモのインジゴ含有率と染色綿布の色差値は非常に強い相関があり (相関係数0.92)、スクモのインジゴ含有率が高いほど、藍染綿布の色差値が高いことが明らかとなった。

また、染色性の低かったS1やS2において、スクモの分量を増やして藍染めしたものの、染色性は向上しなかった。この理由は明らかにできていないものの、スクモ中の夾雑物、染色液中のロイコインジゴの濃度による染色性への影響が考えられる。染色性の向上 (濃色に染色する) には、3.1項で示した藍葉とスクモのインジゴ含有率より、インジゴ含有率の高い藍葉で製造したスクモを用いることが有効であると考えられる。

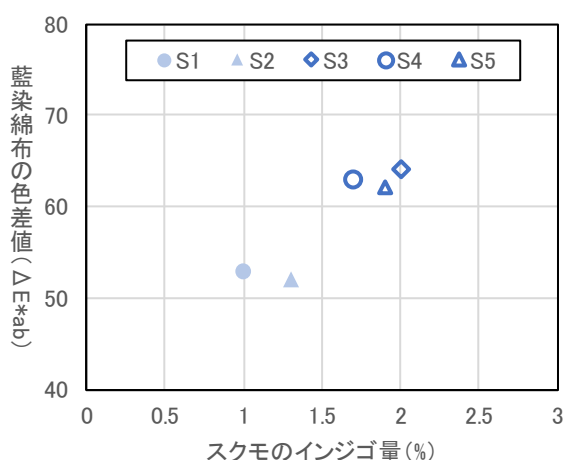


図6 藍染綿布の色差値とスクモのインジゴ量の相関

4 まとめ

藍染めの染色性を客観的に評価するために、数種類のスクモ中のインジゴ含有率の定量分析、及び藍染めした綿布の色差値の測定評価を行った。この結果、スクモ中のインジゴ含有率と藍染綿布の色差値は高い相関があることが明らかとなった。また、藍葉とスクモのインジゴ含有率にも高い相関があるため、染色性の向上にはインジゴ含有率の高い藍葉で製造したスクモを用いる必要があると考えられる。

上記のように、スクモのインジゴ含有率を知ることによって、藍染めの染色性を予測でき、染色性の評価により安定した製品の製品開発ができると考えられる。

5 参考文献

- 1) 南善子: 化学と生物, 39巻, 3号, pp. 202-207 (2001)
- 2) 中西謙二, 宮崎絵梨, 武知博憲, 村井恒治: 徳島県工業技術センター技術報文, 18巻, pp. 21-24 (2009)
- 3) 中村正子, 村岡雍一郎: 平安女学院短期大学紀要, 9巻, pp. 67-72 (1978)
- 4) 安藤義則, 向吉郁郎, 平俊博: 鹿児島県大島紬技術指導センター業務報告書, pp. 68-70 (1998)
- 5) 牛田智: 化学と教育, 64巻, 8号, pp. 406-407 (2016)
- 6) 大島雄三, 堂ノ脇靖巳, 甲斐美由紀, 吉田博之, 横溝哲郎: 福岡県工業技術センター研究報告, No. 33, pp. 7-9 (2023)
- 7) コニカミノルタ株式会社: 色色雑学, 測色計で色を数値化_色の数値化には、表色系を使用します。1 (2024) <https://www.konicaminolta.jp/instruments/knowledge/color/section2/02.html> (参照2024-4-30)
- 8) 木村光雄: ポピュラー・サイエンス 藍染めの歴史と科学, p. 41, 裳華房 (1992)
- 9) 牛田智, 太田真析: 日本家政学会誌, 46巻, 12号, pp. 1167-1171 (1995)