

岳温泉水を使った菊花染色方法の開発

Development of chrysanthemum dyeing method using Dake Onsen water

材料技術部 繊維・高分子科 中島孝明 大竹翔太

二本松市の新たな特産品開発を目指し、同市内の岳温泉から湧出する強酸性 (pH2.5) の温泉水を天然染色の抽出及び染色工程に利活用する手法を検討した。本事業では、菊花染色における抽出溶媒として温泉水を用い、従来のクエン酸水を用いた場合との比較評価を行った。その結果、温泉水はクエン酸水に比して色素の抽出効率が低い傾向にあるものの、染色工程においてはクエン酸水と同等の染着量が得られることが示唆された。また、抽出液の冷凍保存による有効性を確認した。

Key words: 天然染色、岳温泉水、酸性泉、菊花染色、冷凍保存、積算 K/S 値

1. 緒言

近年、SDGs (持続可能な開発目標) への関心の高まりとともに、地域独自の未利用資源を利活用した天然染色による特産品開発が全国的に注目を集めている。

特に、廃棄される植物資源を染料として再利用するアップサイクルの取り組みは、環境負荷の低減と新たな地域価値の創造を両立させる手法として期待されている。

福島県二本松市においても、こうした地域資源の有効活用が重要な課題となっている。市内には全国でも稀有¹⁾な pH2.5 の強酸性泉を誇る岳温泉²⁾が位置しており、この酸性は火山性ガスに由来する硫酸イオンや硫酸水素イオンを含有することによるもので、古くから湯治場として利用されてきた。同時に、「二本松の菊人形」に象徴されるように菊の栽培が非常に盛んな地域であるが、展示後に廃棄される菊花の有効活用が模索されていた。

天然染色における菊花染めは、主色素であるアントシアニンやフラボノイド系色素³⁾の安定化のために酸性条件が不可欠である。一般的にはクエン酸や酢酸等の有機酸が調整に用いられるが、これを地域資源である岳温泉水で代替することができれば、ストーリー性の高い独自の染色手法として、観光振興や特産品開発に大きく寄与できる。

本事業の目的は、温泉水の酸性を利活用した染色プロセスを構築することにある。そこで、温泉水に含まれるミネラル分や各種イオンが、色素の抽出や染色挙動に与える影響を調査するとともに、実用化に欠かせない抽出液の保存安定性について検証を行った。

2. 実験

2. 1. 供試材料

染色試験布には、横編み機を用いて作製した両面編地を用いた (図1)。この編地は、表地にシルク、裏地にウールを用いた編地 (約 5 g) であり、異なる動物性繊維への染着挙動を同時に評価可能とした。

染材には、二本松市産の菊花を冷凍保存したものを用いた (図2)。



図1 染色試験布とした両面編地



図2 二本松市産の冷凍菊花

2. 2. 抽出及び染色条件

抽出溶媒には、岳温泉水 (pH2.5) 及び対照群としてクエン酸水 (蒸留水にクエン酸を溶解し pH2.5 に調整したもの) を用いた。抽出効率を最大化しつつ色素の熱変性を防ぐため、以下の2段階抽出法を採用した。

- ① 冷凍菊花 100 g に対し抽出溶媒 250 ml を加え、ウォーターバスを用いて 50 °C で 1 時間抽出する。
- ② 24 時間室温で静置後、ガラスフィルタでろ過。
- ③ 残渣の花弁に再度 250 ml の溶媒を加え、同様の条件で 2 回目の抽出を実施。
- ④ 得られた 1 回目と 2 回目の抽出液を混合し、試験用抽出液とした。

染色試験布は、染色前に繊維膨潤を促し、染着を安定させるための前処理として、90℃のイオン交換水に30分間浸漬し、脱水後に染色に供した。

染色は、試験用抽出液 150 ml に染色試験布を投入し、50℃で60分間処理した。

2. 3. 抽出液の保存試験

抽出液の安定的な保存方法を提案するために、抽出液の冷凍保存による染色への影響を検証した。冷凍及び解凍を経ることで、温泉水由来のミネラル成分と色素が反応し、染着性や染色性への影響が懸念されたことから、試験用抽出液を「チルド保存 (5℃)」及び「冷凍保存 (-20℃)」の2条件で24時間保存し、染色性の変化を比較検討した (図3)。



図3 24時間保存した抽出液

2. 4. 評価及び定義式

抽出液の特性評価として、分光光度計 (島津製作所製 UV-2600) を用い、染色前後の吸光度スペクトルを測定した。

また、染色布の評価には分光測色計 (コニカミノルタ製 CM-26dG) を用い、反射スペクトルから式(1)のケルカ・ムンクの式を用いて染色濃度 (K/S 値) を算出した。

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

ここで、 K は吸収係数、 S は散乱係数、 R は反射率を示す。

本報では、染色された色相に変化が生じても染着量を比較できるよう、可視光全域 (380 nm~740 nm) における K/S 値を合計した積算 K/S 値を、繊維全体の染着量の指標として採用した。

3. 結果と考察

3. 1. 溶媒の違いによる抽出挙動の解析

図4に抽出液の吸光度スペクトルを比較した結果を示す。温泉水を用いた系は、クエン酸水を用いた系に

対し、530 nm 付近の吸光度ピークが約 57 %に留まり低い値を示した。温泉水には、アルミニウム、カルシウム等の金属イオンが含まれており、これらが菊花中のポリフェノール類とキレート錯体を形成し、一部が不溶化したことが要因と考えられる。

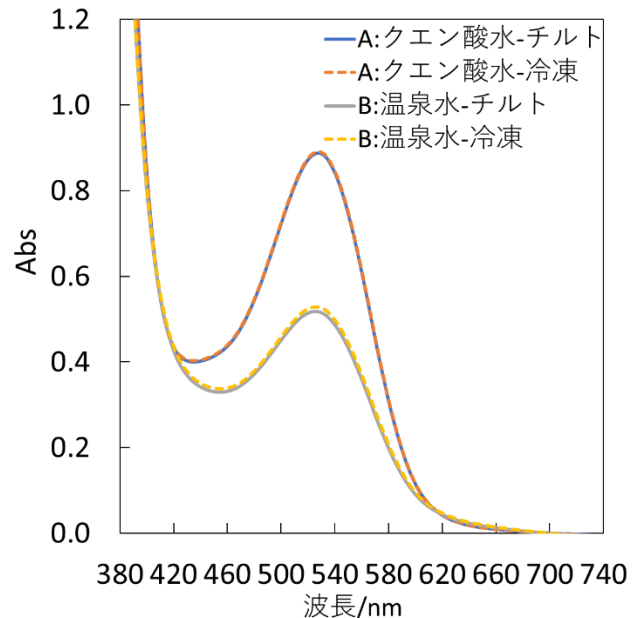


図4 抽出液の吸光度スペクトル

3. 2. 保存安定性と実用性

図4において、保存方法の違いによる吸光度スペクトルに有意な差は認められなかった。これにより、菊花が確保できる時期に一括抽出を行い、冷凍保存して通年利用することが可能であると考えられる。

3. 3. 染色過程における pH 変動と緩衝能の影響

表1にクエン酸水と温泉水の染色前後の pH 推移を示す。クエン酸水は染色前 pH2.4 から染色後 pH2.5 とほぼ一定を維持したのに対し、温泉水は pH2.7 から pH3.6 へと大きく上昇し顕著な差が認められた。

この挙動は、溶媒の緩衝能の差に起因すると推察される。クエン酸は3価の有機酸であり、3段階の酸解離定数 (pK_a) を持つ。クエン酸水溶液では、これらの緩衝範囲が連続的に重なるため、pH2.1 から 7.0 付近まで極めて広い範囲で pH を一定に保つ性質がある。本実験において、シルクやウール等の動物性繊維が持つ塩基性基が溶液中の水素イオン (H^+) を吸収しても、クエン酸の第1解離段階が不足した H^+ を補給し続けたため、pH2.5 付近を維持できたと考えられる。

一方で、岳温泉水は緩衝成分に乏しいことから、繊維による酸吸収という負荷に対して抵抗力がなく、pH がアントシアニンの分解・変色の恐れがある 3.5 付近まで跳ね上がったと考えられる。

この pH 上昇は、アントシアニンの発色だけでなく、

長期的な色素液の保存性にも悪影響を及ぼす可能性があるため、注意すべき点であると考え。

表1 染色前後の pH 推移

	クエン酸水		温泉水	
	チルド	冷凍	チルド	冷凍
抽出液平均	2.4		2.6	
染色前	2.5	2.5	2.7	2.7
染色後	2.6	2.6	3.6	3.6

3. 4. シルク・ウールへの染着特性

表2に可視光域における積算K/S値、図5にチルド保存した染色液で染色した染色布の反射スペクトルを示す。図6に染色した試験布の写真を示す。積算K/S値の結果から、温泉水を用いた染色では、クエン酸水と比較してシルクよりもウールへの染着が促進される傾向が見られた。

これはシルクとウールの等電点の違いによるものと考え。シルクはウールに比べて、リシン、アルギニンなどの塩基性アミノ酸の含有量が少ないため、等電点はウールよりも低い酸性側の値を示す（ウールの等電点：pH 4.5～5.0、シルクの等電点：pH 3.8～4.5）。3.1で述べた通り pH 3.6まで上がると、繊維のプラス電荷が減少し、色素を引き寄せる力が弱まり、シルクへの染着率に影響が出たものと考え。

温泉水抽出液におけるウールの積算K/S値は、対照群（クエン酸水）の約90%に達しており、目視においても十分な発色を確認できた。

表2 可視光域における積算K/S値

380-740 nm	クエン酸水		温泉水	
	ウール	シルク	ウール	シルク
積算K/S値	32.2	25.6	28.8	20.5
クエン酸水比	-	-	89.4%	79.9%

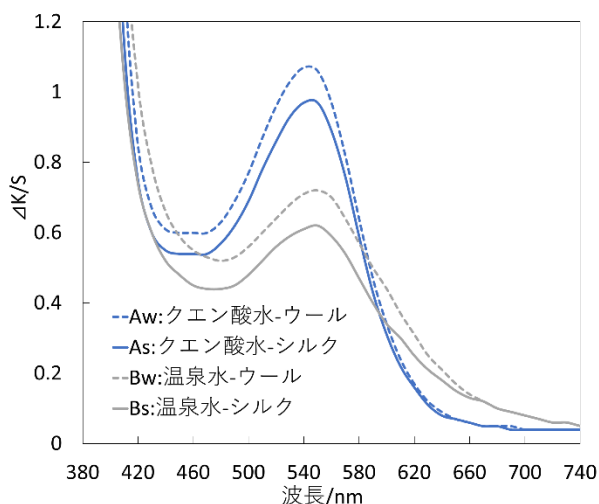


図5 染色布の反射スペクトル

シルク ウール



図6 菊花抽出液で染色した布

3. 5. 本研究の限界と今後の課題

本報における知見は、ビーカースケール（浴比 1:30 程度）での結果に基づくものである。実用化にあたっては、以下の2点が今後の検討課題となる。

1点目は、染色堅ろう度の評価である。媒染剤を使用しない状態での耐光堅ろう度及び洗濯堅ろう度の測定は、製品展開する上で確認すべき項目である。特に、酸性泉由来の成分が退色に及ぼす影響の解明が必要である。

2点目は、品種間差異の確認である。菊の品種や花弁の色による色素含有量の違い、温泉水との相性の最適化などに追加調査が必要である。

4. 結言

本研究により、岳温泉水の酸性を利活用した菊花染めの化学的特性が明らかとなった。得られた主要な知見を以下に示す。

- 抽出特性：温泉水はクエン酸水に比べ 530 nm 付近の吸光度ピークが約 57 % と抽出効率が低かった。
- pH の緩衝能の低さ：温泉水は強酸由来の酸性であるため緩衝能が低く、染色中に pH が約 1.0 上昇した。
- 冷凍安定性：抽出液は -20 °C の冷凍保存を行っても、吸光度スペクトルからは 5 °C 保存の抽出液と差異は認められなかった。
- 染色性：温泉水を用いた場合、特にウールにおいてクエン酸水比約 90 %、シルクにおいては約 80 % の染着量が得られた。

総じて、岳温泉水を用いた染色方法は、単なる代替手段ではなく、温泉成分と色素の相互作用を活かした独自の染色方法として成立し得ることが示唆された。

今後は、pH の制御や補助的な緩衝条件の検討を行い、地域ブランド作成に向けた基礎技術の確立を進めていく。

参考文献

- 1) 環境省. “資料 1－2 温泉利用施設に関する調査結果について（概要）”. 環境省.
<https://www.env.go.jp/council/12nature/y120-07b/mat01-2.pdf>, (参照 2026-01-09).
- 2) 岳温泉観光協会. “岳温泉の泉質・効能”. 岳温泉観光協会公式サイト.
<https://www.dakeonsen.or.jp/dakeonsen/onsen>, (参照 2026-01-09).
- 3) 武田幸作・齋藤規夫・岩科 司編. 植物色素フラボノイド. 初版, 文一総合出版, 2013, 700p.