

植物色素を用いた染色の教材化

森岡久美子¹⁾, 巻本彰一²⁾

1) 京都教育大学理学科 rik71224@kyokyo-u.ac.jp

2) 京都教育大学理学科 makimoto@kyokyo-u.ac.jp

キーワード: 染色, 植物色素, 落ち葉

(受付: 2011 年 2 月 14 日)

I. はじめに

染色とは、染料によって繊維を染めることを言い、何千年も昔から動植物から得られる天然染料を用いた染色が行われてきた。現在では合成染料が染料の主流となつてはいるものの、身近な材料で染められるという点などから、趣味や手工芸などの分野で天然染料を用いた染色は幅広く行われて、学校現場では、幼稚園や小学校の総合的な学習の時間で、アサガオの花弁やタマネギの皮などの植物を用いた絞り染めなどが実践されている。

染色は高校化学でも取り上げられており、教科書では染色のしくみや繊維と色素間の結合について触れられている。特に、合成染料と繊維に対する結合については、繊維の官能基に着目した記述があり、繊維の種類によって染色に用いる合成染料が異なるとしている。また、教科書では天然染料が紹介されているものの、実験として取り上げられているテーマは合成インジゴやアゾ染料を用いた染色であり、天然染料を用いた染色の実験を取り扱っている教科書は数少なく、また、扱われ方も課題研究のみであった。

学年が上がるにつれて自然と関わる機会が減少し、特に高校化学分野では、自然の植物などを扱う実験は少なく、試薬を用いることが多い。そこで本研究では、高校化学において、身近な植物を実験材料とし、化学的な考察が可能である教材の開発を目的とした。

II. 実験A (媒染法による染色)

【目的】

身近な植物を用いて染色実験を行い、繊維による染まりやすさの違い、媒染剤による色の違いを観察し、化学的に考察する。

【材料および方法】

染色の材料には、手軽に入手できる落ち葉や花弁を用いた。繊維にはマルチファイバーテストクロス(田中染料店: <http://www.tanaka-nao.co.jp>)を用いた。マルチファイバーテストクロスは横糸にポリエステル、縦糸には綿、ナイロン、アセテート、羊毛、レーヨン、アクリル、絹、ポリエステルが順に織り込まれている混合布である。

染色は媒染法という方法を用いて行った。媒染法とは植物色素のように染色しにくい場合に、金属イオンや酸・塩基などによって結合の仲立ちをする方法であり、化学Ⅱの教科書(細矢ほか, 2004)に記載されているタマネギの色素を使った媒染法の実験方法を参考にして実験を行った。媒染剤には、1% 硫酸カリウムアルミニウム(ミョウバン)、硫酸銅

(Ⅱ), 硫酸鉄(Ⅲ) 水溶液および, 5% 炭酸ナトリウム, クエン酸水溶液を用い, 無媒染とする繊維は蒸留水に浸した。

以下の①～④の手順で実験を行った。

- ①クロスを 1 cm 幅で切り, 右端に印をつけて水に浸け置く。
- ②蒸留水 100 mL に材料を加え 15 分間加熱し, 染液とする。
- ③②にクロスを浸し, 5 分間加熱する。
- ④クロスを媒染剤に 5 分間浸し, 洗浄する。

【結果】

表 1 媒染剤による染色例 (左: タマネギ皮, 右: トチノキ落ち葉)

繊維の種類 媒染剤の種類	綿	ナイロン	アセテート	羊毛	レーヨン	アクリル	絹	ポリエステル	綿	ナイロン	アセテート	羊毛	レーヨン	アクリル	絹	ポリエステル
蒸留水																
ミョウバン																
硫酸銅(Ⅱ)																
硫酸鉄(Ⅲ)																
炭酸水素ナトリウム																
クエン酸																

表 2 媒染剤による染色例 (左: ナンキンハゼ落ち葉, 右: サザンカ花卉)

繊維の種類 媒染剤の種類	綿	ナイロン	アセテート	羊毛	レーヨン	アクリル	絹	ポリエステル	綿	ナイロン	アセテート	羊毛	レーヨン	アクリル	絹	ポリエステル
蒸留水																
ミョウバン																
硫酸銅(Ⅱ)																
硫酸鉄(Ⅲ)																
炭酸水素ナトリウム																
クエン酸																

Ⅲ. 実験 B (薄層クロマトグラフィーによる植物色素分離)

【目的】

教科書の染色実験に用いられているタマネギの皮にはケルセチンという色素が含まれていることが明らかにされている。そこで、落ち葉に含まれている色素を明らかにし、染色に関与している色素について考察するため、薄層クロマトグラフィーによって植物色素の分離実験を行う。

【材料および方法】

薄層はシリカゲルプレート、抽出溶媒はジエチルエーテル、展開溶媒にはヘキサン：アセトン＝6.5：3.5 を用いた。

以下の①～④の手順で実験を行った。

- ①80℃の乾燥機で試料を半日から一日かけ脱水し、乳棒と乳ばちを用いて試料を細かく砕く。
- ②試料を少量試験管にとり、抽出溶媒を 1 mL を加えて抽出する。
- ③②を毛細管で取り、シリカゲルプレートに 30 回スポットし、ガラス容器に入れた展開溶媒で展開する。
- ④展開の様子を観察して、Rf 値を算出し、3 回の測定の平均値を算出する。

【結果】

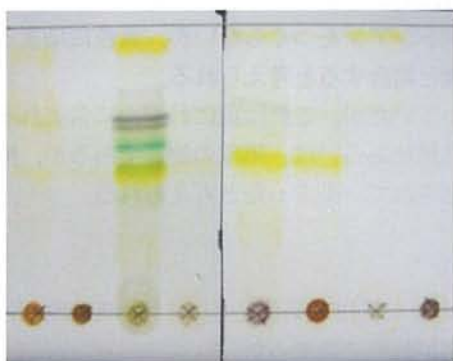


図 1 色素分離の結果例 左から) トチノキ落葉、アラカシ落葉、アラカシ緑葉、イチヨウ落葉、ナンキンハゼ落葉、ツタ落葉、ニンジン皮、サザンカ花卉

表 3 3 回の測定の Rf 値平均値

トチノキ	アラカシ	カシ(緑)	イチヨウ	ハゼ	ツタ	ニンジン	サザンカ
		0.92	0.93	0.95	0.95	0.94	展開は観られなかった
		0.78					
0.69			0.69	0.69	0.67		
		0.68					
		0.65					
		0.63					
		0.59					
		0.55					
0.53	0.53	0.52	0.52	0.53	0.51		

鈴木ほか (1990) および色素の色から色素の判別を行った。Rf 値が 0.9 以上を示している黄色色素がカロテン、緑葉だけが含んでいることから、カシ緑が示している 0.55 ～ 0.78 および落ち葉が示している 0.67 ～ 0.69 はクロロフィルおよびクロロフィル分解物、0.5 付近を示している黄色色素はキサントフィルであると考えられる。

また、サザンカ花卉や紅葉していた落ち葉では展開しない赤系統の色素が観られたが、これはアントシアンなどの極性の高い色素であると考えられる。

IV. 考察

【繊維と色素の結合について】

実験 A の結果 (表 1, 2) から、色素の繊維に対する染まりやすさについて考察した。まず、繊維の官能基に着目すると、アミド基—NHCO—、アミノ基—NH₂、カルボキシ基—COOH と色素間と結合をつくりやすいこと、またヒドロキシ基—OH に対して金属が仲立ちとなって結合しやすいと考えられる。

一方、アセテート、アクリル、ポリエステルにも色素に対して水素結合などの結合が可能であるカルボニル基—COO—などの官能基を含んでいるにも関わらず、ほとんど染まっていない。これは、色素分子が入り込むことができる繊維中の非結晶領域が少ないこと、そして官能基と官能基の距離が長いことや分子の立体構造が、染料分子とカルボニル基の水素結合を妨げているためであると考えられる。

【植物色素について】

実験 B の結果 (図 1, 表 3) より、ニンジンに多く含まれているとされているカロテン類や、緑葉に含まれているクロロフィルは、極性が低いため、湯煎によって染液中に抽出されず、布が染まりにくいと考えられる。

サザンカ花卉が主にアントシアンでよく染まっていたと考えられること、そして教科書に記載のあるタマネギの皮に含まれるケルセチンと同じフラボノイド一種であるため、化学構造が似ていることから、アントシアンは繊維に対して結合しやすいと考えられる。また、イチョウは黄葉と呼ばれ、落葉の際にアントシアンをつくらないが、黄色に染まっていたことから、キサントフィルもわずかに繊維と結合すると考えられる。

落ち葉や緑葉で羊毛やナイロンが茶色に染まっていたが、これは葉にわずかに含まれるタンニンの影響であると考えられる。タンニンは無色あるいは、褐色の物質であるが、酸化されて褐色になるため、お湯に溶けだして酸化されて、染まったと考えられる。

【媒染剤について】

実験 A で、材料を入れずに実験を行い、媒染剤のみで繊維を染色したところ、硫酸銅(Ⅱ)で絹が青色に、硫酸鉄(Ⅲ)で綿、レーヨン、絹が黄色に染まった。

また、ナイロン、羊毛、絹はいずれもアミド結合(ペプチド結合)をもつが、染色後の色に違いが見られたため、繊維の金属イオンとの配位のしやすさを比べるため、繊維でビウレット反応(タンパク質を検出する方法。塩基性条件下で硫酸銅(Ⅱ)水溶液を加えることで、2個以上ペプチド結合と銅イオンが配位結合を形成して赤紫色を呈する。)を行った。結果は図2のようになった(繊維は左から、綿、ナイロン、アセテート、羊毛、レーヨン、アクリル、絹、ポリエステル)。

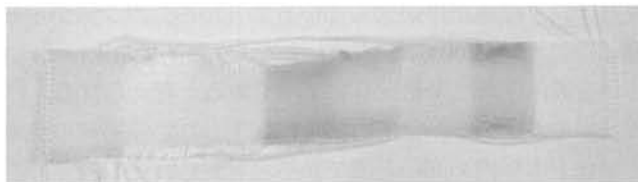


図2 繊維のビウレット反応

ビウレット反応で赤紫色に呈色したのは絹のみであった。このことから、ナイロンと羊毛はアミド結合（ペプチド結合）を分子中に含んでいるにも関わらず、銅イオンと配位結合を形成していないことがわかる。これは、繊維にする工程で様々な処理が行われていることや、特にナイロンではアミド結合とアミド結合の間に長い炭化水素鎖を含んでいることから、立体構造や官能基間の距離が金属イオンとの結合を妨げていると考えられる。

アントシアンを主に含んでいると考えられるサザンカ花卉で、特に絹、綿、レーヨン、次いで羊毛で、媒染剤による色の違いが顕著であった。以上で述べたように、繊維と金属イオンとの結合には特にヒドロキシ基やアミド結合が関わっており、官能基間の距離や立体構造によっても結合のしやすさが異なると考えられる。

V. 指導計画

紅葉した落ち葉を用いた染色実験を教材として提案する。単元は高等学校化学，新学習指導要領，「高分子化合物の性質と利用」（文部科学省，2009）。はじめに，植物色素，繊維，染色の仕組みについての講義を行い，生徒が拾ってきた紅葉した落ち葉を用いて，実験「媒染法による染色」を行い，繊維の染まり具合や色を観察し，考察する。

実験を行う時期としては葉が赤色に色づいた紅葉が落葉する10月から12月初旬頃（京都教育大学付近での紅葉の時期。地域によって異なる。落葉して時間が経つと褐色になるので注意が必要である。）が適していると考えられる。

文献

細矢治夫 ほか13名 2004. 高等学校化学Ⅱ. 三省堂, 258-259, 東京.

文部科学省 2009. 高等学校学習指導要領解説 理科編.

鈴木郁生 ほか 1990. 薄層クロマトグラフィーの実際. 廣川書店, 186-187, 377-379.