

緑茶を用いた布の染色

静岡県立清水東高等学校

理数科 3 年 加藤優太郎 浅井優斗 井上登偉 影山灯 望月芽衣 望月裕華

1. 動機・目的

私達は、静岡の特産品である緑茶についての研究をしたいと考えた。そこで、清水にある茶の老舗である中澤園を訪れ、静岡茶についてのお話を伺った。店主である中澤利雄さんは、「静岡のお茶は山地で育つので、味に深みがあり、色が鮮やか。しかし、最近は企業の安い製品が普及して、売れ行きが減少している。」とおっしゃった。そこで、私達は色が他製品に比べ、鮮やかである静岡茶を飲料としてではなく、染料として利用できないかと考えた。しかし、実際に、緑茶に布を浸けて染色を試みたが、うまく染まらなかった。そこで日本の伝統的な染色方法である草木染という手法を用いて緑茶で布の染色を試みた。草木染とは、繊維分子と染料分子は一般的に結び付きにくいので、媒染剤を使用することでその結びつきを強くして染色する方法である。実際に鉄イオンを媒染剤として使用して染色してみたところ、布がグレーに染色された。私たちはこの現象を不思議に思い、緑茶を用いた草木染について詳しく調べることにした。

2. 実験 1 「媒染剤の違いによる変化」

目的) 染色の際に使用する媒染剤の違いにより、染色の結果にどのような変化が起きるのか調べる。

※媒染剤は、染料だけでは染まらない染色を行う際に仲立ちをし、染色を可能とするものである。

方法) 100%の綿を静岡茶と媒染剤として硫酸鉄(Ⅱ)、硫酸銅(Ⅱ)、硫酸アルミニウムを用い、以下の方法で染色した。

①布を水 80℃に 20 分間浸けた。

②布を 80℃の染色液（水 200 g に茶葉 20.0 g を添加した後、吸引ろ過）に 20 分間浸けた。

③布を媒染液（金属塩それぞれ 0.100mol/L で 100mL）に 20 分間浸けた。

④染色した布を、分光光度計を用いて分光スペクトルを測定した。（日本分光製 V570 UV-Vis. NIR supectrometer）

なお、分光光度計は静岡大学理学部近藤満教授のご助力により、静岡大学理学部のものを使用させていただいた。また、上記のように染色の際に実験の過程によって色の濃淡等が変化しないように染色時間、温度、濃度を一律に定めた。



図 1 実験 1 の流れ 模式図



鉄



銅



アルミニウム

写真 1 実験 1 結果

結果) 金属塩を変えると布の色が、目視でもわかるほど変化した。下の写真に示すように、目視では、硫酸鉄では濃いグレー、硫酸銅(Ⅱ)では茶色、硫酸アルミニウムでは淡黄色に染まっていることが確認できた。分光スペクトルのグラフからも布ごとに色の波形が異なっていることが分かるのでそれぞれの布で色が異なっているということが分かった。また、写真は布を染色した後、洗剤を用いて水で洗った後に撮影したものであり、簡単には色が落ちないということが確認できた。さらに、染色後の染色液には沈殿が見られた。

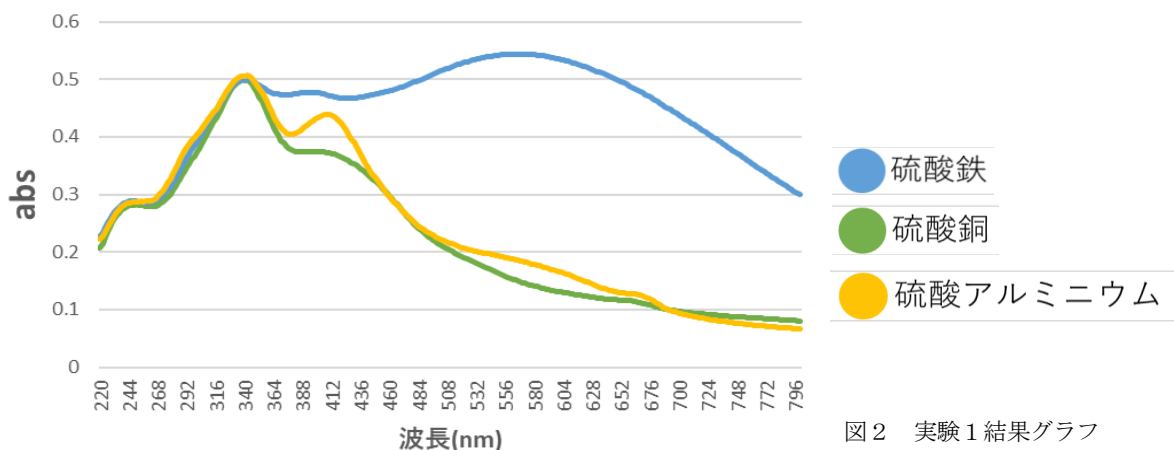


図2 実験1 結果グラフ

考察) 色の変化の原因は、お茶に含まれる色素であるカテキンの代表的な4つの色素 (EC: エピカテキン、ECG: エピカテキンガレート、EGC: エピガロカテキン、EGCG: エピガロカテキンガレート) と金属イオンとの反応によるものだと考えた。EC、EGC に没食子酸が結合したのが ECG、EGCG である。この没食子酸は金属イオンと錯体を形成する性質があり、図3に示すように、没食子酸のヒドロキシ基が金属イオンと配位結合し、キレート錯体を形成していると考えた。錯体形成が行われることにより、没食子酸のヒドロキシ基が大幅に減少し、染料分子の親水性が大きく損なわれることが予想される。この反応が繊維上で起こり、キレート錯体が難溶性であるため、水で洗っても落ちにくくなる、つまり繊維が染色されたと考えた。また、金属イオンごとに電氣的影響が染料分子の及ぼされるため、これが色の変化が起きた原因と考えた。

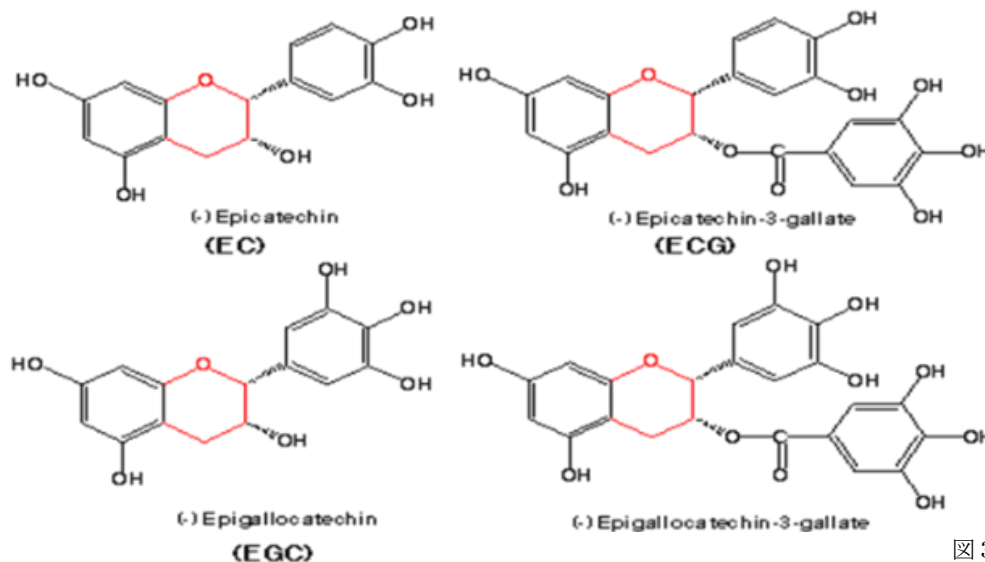


図3 カテキンの構造式

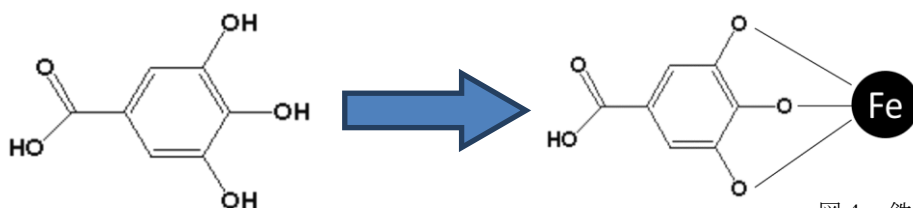


図4 鉄イオンとカテキンの反応図

3. 実験2「布の違いによる染色の変化」

目的) 染色に使用する布を変えることによって染色後に色の違いが出るか調べる。

方法) 植物繊維(綿、麻)、動物繊維(絹、羊毛)の4種類の布を用意し、実験1で使用した金属塩を媒染剤として用い、同様に染色を行い、分光光度計を用いて、分光スペクトルを測定した。

結果) 色はほとんど変化しなかったが、動物繊維(絹、羊毛)の方が濃く染まったのに対して、植物繊維(綿、麻)があまり濃く染まらなかった。分光スペクトルのグラフからも、波形は近似しており、ピーク値の波長は同じだが、吸光度の値に差が出ていることが分かる。

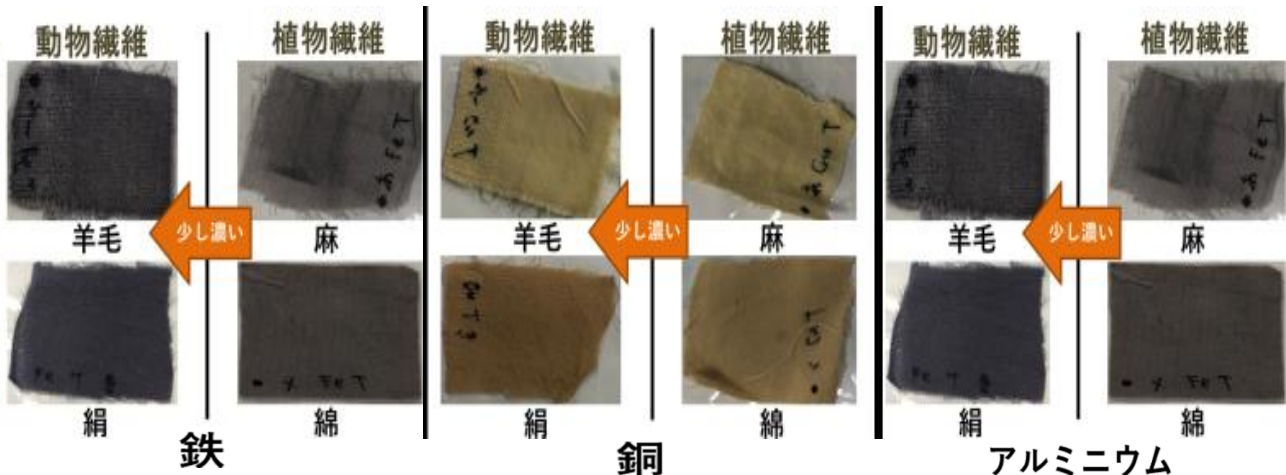


写真2 実験2結果

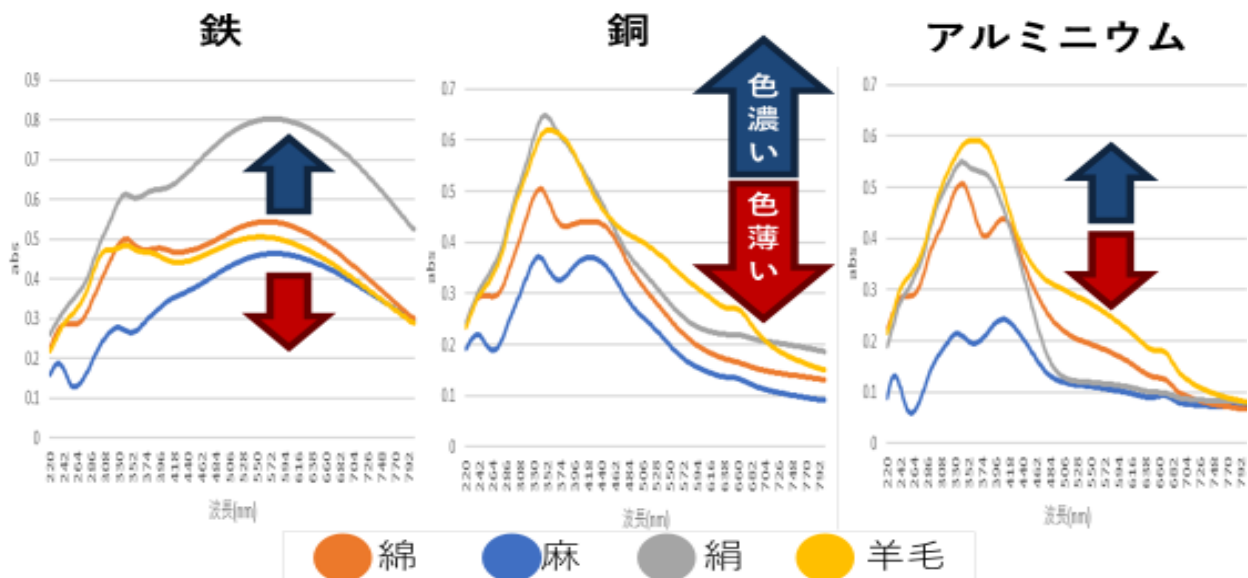


図5 実験2結果グラフ

考察) 植物繊維であまり濃く染まらず、動物繊維で濃く染まったのは、繊維を構成する物質の違いによるものだと考えた。動物繊維の主成分はフィブロインとよばれるタンパク質である。20種類以上のアミノ酸から構成されており、様々な官能基を有しているため、多様な色素と結びつきやすく、濃く染まったと考えた。それに対して、植物繊維の主成分はセルロースであり、構成分子は、ブドウ糖一種類のみであるため、結合できる色素の種類が少なく、動物繊維と比べ、様々な種類の色素と結びつくことができず、あまり濃く染まらなかったと考えた。



図6 動物繊維模式図



図7 植物繊維模式図

右のグラフは実験2の結果のグラフを、植物繊維と動物繊維に分けたものである。このグラフから、緑茶による染色において、分光光度のグラフの波形が動物繊維同士と植物繊維同士で類似している部分があり、やはり染色構造が繊維によって異なっていると考えられる。動物繊維ではおよそ380nm以下の紫外線を吸収していないが、植物繊維では380nm以下に波長のピークが観察されていることが分かる。これらのグラフの波形が近似しているのはやはり、動物繊維と植物繊維それぞれで有している官能基がともに似ているためだと考えた。

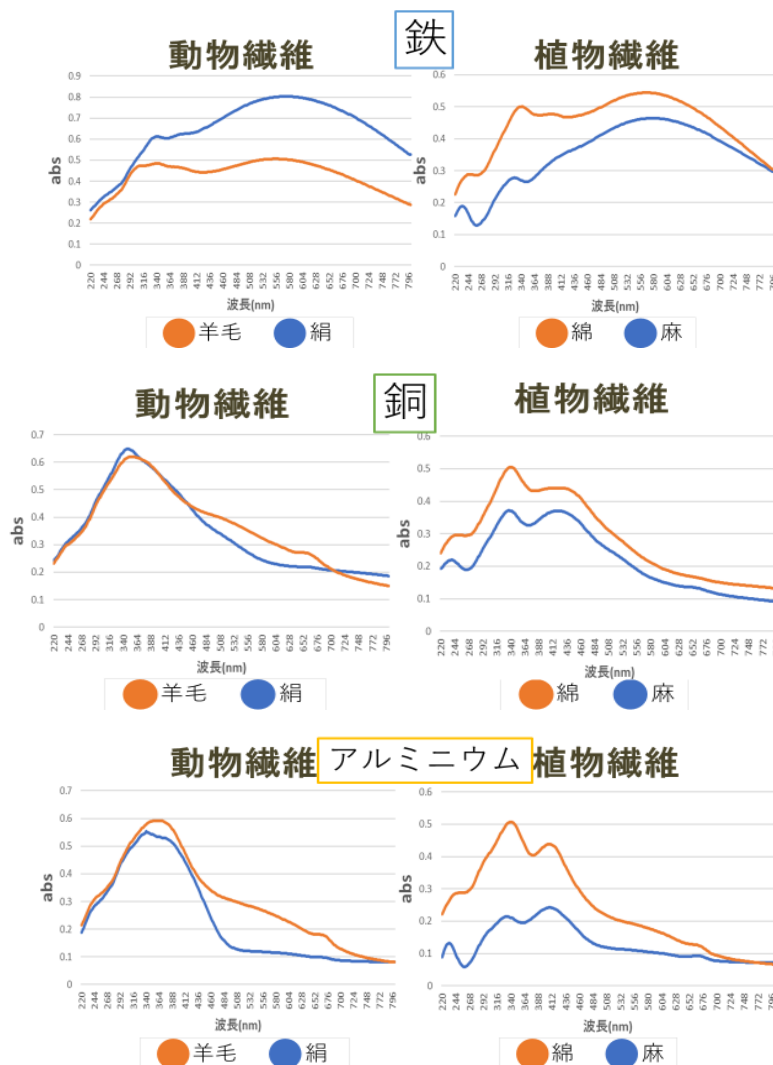


図8 実験2 考察グラフ

4. 実験3「動物性タンパク質による下処理を行った染色」

目的) 動物性タンパク質が染色を促進させる作用を持つことを確かめる。

方法) 植物繊維である麻、綿をそれぞれ牛乳に浸し、その後一日日陰干しを行い、繊維に動物性タンパク質を付着させた。この状態で実験1と同様の方法で染色を行った。

結果) 牛乳につけた布は、未処理のものとは比べて、より濃く染まっていることが分かった。分光スペクトルの吸光度の大きさからも、濃さの違いが示された



写真3 実験3 結果 (麻) 左から鉄、銅、アルミニウム



写真4 実験3 結果 (綿) 左から鉄、銅、アルミニウム

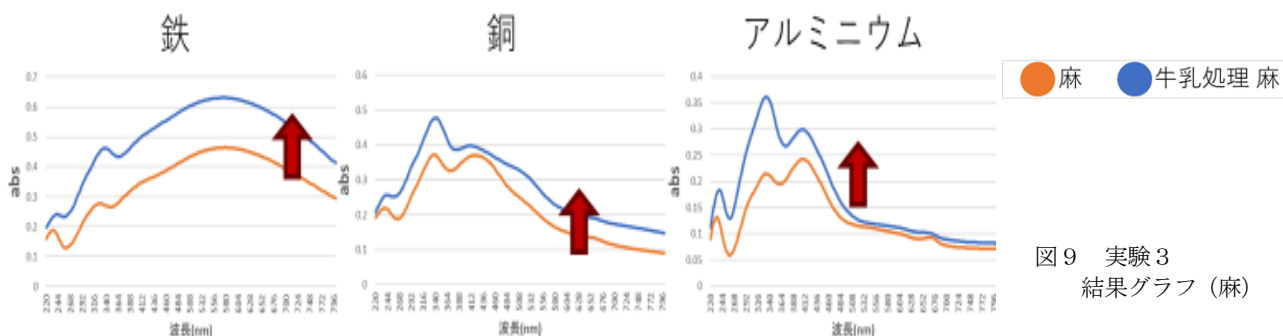


図9 実験3
結果グラフ(麻)

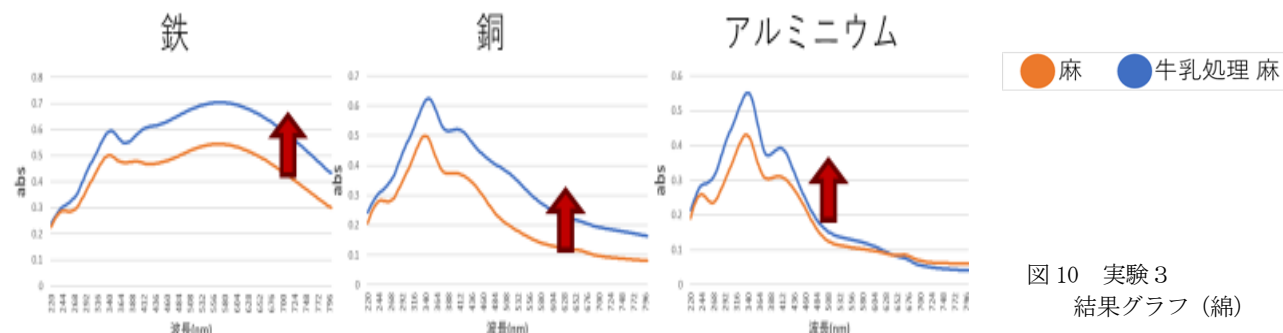


図10 実験3
結果グラフ(綿)

考察) 図11のように、植物繊維の布を牛乳に浸けたことで、繊維の表面に動物性タンパク質が付着し、官能基の数が増加したため、より濃く染色できたと考えた。

5. まとめ

緑茶を用いた布の染色は十分に可能であると確認できた。また、媒染剤として使う金属イオンを変化させると色に違いが発生した。染色する布は、タンパク質の一種であるフィブロインから構成される動物繊維の方が、セルロースから構成される植物繊維より多くの官能基を有しているため、結合できる色素のバリエーションが多く、より多くの色素と結合することで植物繊維よりも濃く染色されることを発見した。しかし、植物繊維でも、下処理で動物性たんぱく質を付着させる事で濃く染色できることが確認できた。これは、疑似的に官能基が増えたことによって、より多くの色素と結合するためだと考えた。

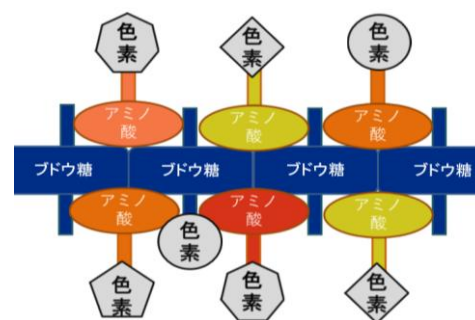


図11 実験3 模式図

6. 今後の展望

- ・媒染剤として使用する金属イオンの種類を増やし、緑茶の染料としての色の種類をする。
- ・抽出の最適温度や最適 pH など効率の良い抽出環境を作ること最適化を図る。
- ・1ヶ月程、日の当たらない場所に放置した布は、目視での判断では退色が確認されなかった。日の当たる場所、当たらない場所などの条件を変えて、退色について調査する。
- ・実験1で使用した金属イオンごとに染色液を作成し、分光スペクトルを測定すると、図2のグラフと比較した際に、布に染色された色と染色液自体の色が異なっていたため、詳しく調べたい。

7. 参考文献・参考HP

- ・キリヤ化学公式HP <http://www.kiriya-chem.co.jp/>
- ・KIKYU 染のあるセイカツ。HP <http://www.yagamihome.com/blog/>
- ・青木正明 おもしろサイエンス天然染料の化学(2019/3/22) 日刊工業新聞社 p8～p15

8. 謝辞

本研究を行うにあたり、御協力いただきました、静岡大学理学部 近藤満教授、中澤園店主 中澤利雄様、大和屋様、静岡県立清水東高等学校 京田慎一先生にこの場を借りて感謝申し上げます。