

絹繊維の判別の研究

宮城県仙台第三高等学校

私たちは繊維を確実に判別する方法を研究した。物理的な方法として吸水性による判別方法、化学的な方法としてタンパク質の有無による判別方法を発見した。吸水性による判別方法は、即時に判別することができるが、気温や湿度の影響を大きく受けると考えられる。またタンパク質に反応するフルオレセインを用いた判別方法は、少量の試験片でも明確な差をみつけることができた。またフルオレセインによって染色された絹繊維は、水酸化ナトリウム水溶液を用いて加水分解することによって脱色できる。このことは商業的に利用可能であることを示すとともにフルオレセインによる染色はカルボキシ基とアミノ基が結合して着色されていたという考察を裏付けるものとなる。

1 背景

繊維の材質を判別することは難しく、着物店では職人の目利きが必要であった。繊維を燃やすことでも材質を判別することは可能であるが、その判別方法も感覚によるものであり確実でない。さらに繊維を損失することになってしまったため、燃焼による判別は商業的には非常に難しい判別方法であった。特にリサイクルショップでは、伝統的な着物店とは異なり高度な判別技術を持っていない所も多く、繊維の判別が課題の一つとなっている。繊維を簡単に、かつ低コストで判別することが可能となれば、繊維のリサイクルを促進することができる。そこで私達は科学的な根拠を持ち、かつコストの低い判別方法を見つけることを目的とした。着物には主に絹繊維とポリエステル繊維が使われる。また、絹とポリエステルは肌触りだけで判別することは困難である。このことから本研究においては、絹とポリエステルの2種類の繊維を用いて確実に判別できる方法を探る。またこの研究では繊維は混紡されていないものとし、撥水加工等の表面加工も施されていないものとする。

ここで絹とポリエステルの一般的な性質について整理しておく。絹はカイコの繭から作られる天然繊維であり、軽くて丈夫である一方で、値段が比較的高価である。これに対しポリエステル繊維は、化学繊維に分類され、多価カルボン酸(ジカルボン酸)とポリアルコール(ジオール)とを、脱水縮合してエステル結合を形成させることによって合成された重縮合体である。一般的には絹よりも安価である。

また、今回は染色実験用の絹繊維とポリエステル繊維を用いた。これは、撥水加工等の表面加工がされておらず、比較を可能とするためである。

2.1 実験1 滴下法による判別

繊維を判別する方法として、絹繊維とポリエステル繊維の吸水性の違いにより判別できないかと考え、2つの実験を行った。滴下法は吸水性の違いを利用した

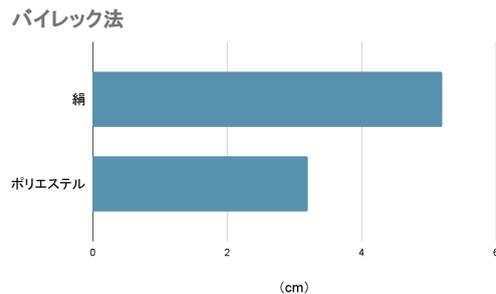
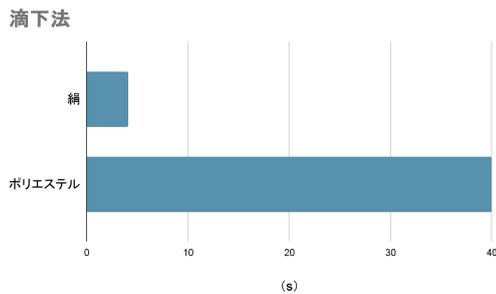
繊維判別法の一つで、繊維の試験片に水滴を滴下し繊維に吸収されるまでの時間を計測する。ここで、「吸収された」という基準を水滴の鏡面反射が消えたときと定義した。鏡面反射とは光が水滴に反射し、光沢が見える状態である(図1)。鏡面反射が消えたときは、水滴の光沢が消え、試験片に湿潤だけが残った状態のことである。また、今回の実験では水滴の滴下はこまごめピペットを用いて行った。

一定の高さから水滴を滴下し、水滴の鏡面反射が消えるまでの時間をストップウォッチで計測した。絹繊維とポリエステル繊維でそれぞれ3回行った。平均時間を図2に示す。

図1 鏡面反射の状態



図2 滴下法の結果



ポリエステルは30.4秒であったのに対して、絹は4.1秒であった。この結果より、吸水性についてポリエステル繊維と絹繊維で顕著な違いが見られ、判別が可能であると考えられる。しかし、1滴のみの滴下であるため気温や湿度の影響を大きく受けると考えられる。また、撥水加工が施されている場合は結果に大きく影響を与え、判別が困難になると考えられる。したがって滴下法による判別は繊維の試験片判別には非常に有効であるが、表面加工が施されているかが不明な繊維の判別には適さない。しかし、滴下法では即時的に結果がわかるため試験的な検証が可能である。

2.2 実験2 バイレック法による判別

吸水性の判別として、バイレック法という判別方法も検証した。これは繊維の試験片を吊るし、その下端3mmを水面に浸し、一定時間経過後に繊維に吸水された高さを計測する判別方法である(図3)。今回の実験では、10分間放置した後上昇した水の高さを計測した。絹繊維とポリエステル繊維でそれぞれ3回ずつ行い、その平均を図4に示す。

図3 バイレック法の様子

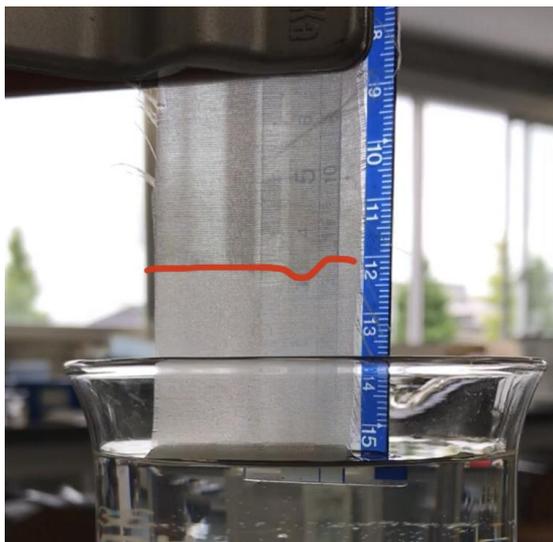


図4 バイレック法の結果

結果より絹繊維とポリエステル繊維で差はあったものの、滴下法ほど顕著には見られなかった。このことよりバイレック法での繊維の判別は困難であるといえる。

2.3 考察

吸水性による判別では、滴下法を用いることで絹繊維とポリエステル繊維を判別できる。しかしこれらの判別方法は気温や湿度の影響を大きく受けるため、滴下法は常に信頼できる方法とは言えない。そこで、気温や湿度の環境による影響を受けない判別方法を確立することが必要である。

3.1 実験3 染色による判別

吸水性による判別では環境による影響が大きく、確実に繊維を判別できるとは言えなかった。そのため環境による影響に左右されない確実な判別方法として、絹繊維に反応する蛍光塗料を用いた判別ができるのではないかと考えた。今回の実験では蛍光塗料としてフルオレセインを用いた(図5,6)。フルオレセインはタンパク質に反応する蛍光塗料であり、絹はタンパク質を含んでいる。そのため、絹繊維をフルオレセイン水溶液に浸すことにより、絹繊維のみが染色されることが考えられる。今回の実験では、飽和フルオレセイン水溶液に繊維を20分間浸し、水で洗った後染色されたかを確認する。結果を図7に示す。

図5 フルオレセイン水溶液の構造式

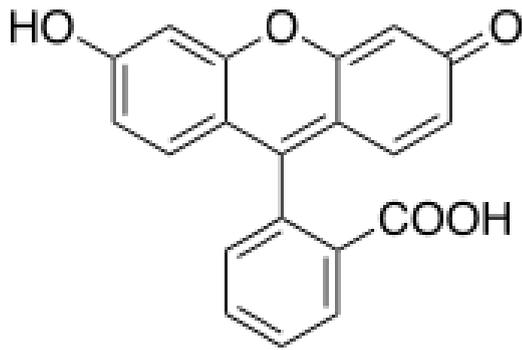
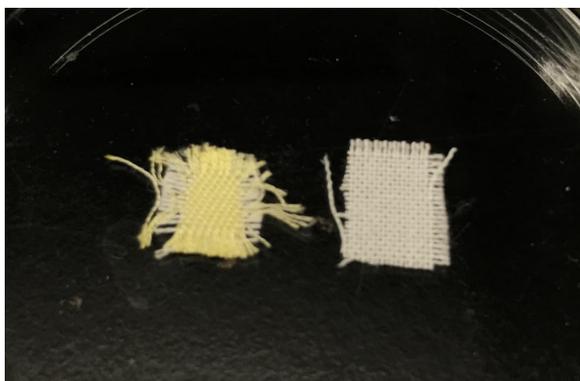


図6 フルオレセイン水溶液



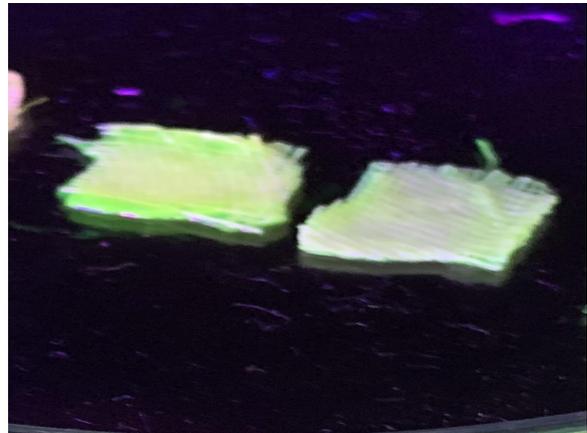
図7 染色の結果(左:絹 右:ポリエステル)



フルオレセイン水溶液に浸したところ、絹繊維は染色

されたが、ポリエステル繊維は染色されなかった。また、染色された絹に紫外線を当てたところ黄色の蛍光が見られた(図8)。

図8 紫外線で蛍光する絹繊維



3.2 考察

フルオレセインにはカルボキシ基が含まれている。このカルボキシ基はアミノ基(-NH₂)と反応してアミド結合を起こし、紫外線を照射すると蛍光する性質を持つ。絹繊維にはアミノ酸の1種であるリシンが含まれており、このリシンにはアミノ基が含まれている。そのためフルオレセインのカルボキシ基と絹のアミノ基がアミド結合を起こし、その結果、紫外線を照射した際に蛍光したと考えられる。

また、紫外線により蛍光するため、着物の様な色付けされた繊維でも判別が可能であり、実用的な面からも有効な判別法であると考えられる。さらに、気温や湿度といった環境条件に左右されないため、安定した結果を得られるといったメリットもある。

4.1 実験4 フルオレセインのpH変化

実験3では染色実験用の繊維を用いて実験を行ったが、市販の絹繊維とポリエステル繊維を用いて実験を行ったところ、染色が薄く判別が困難であった。そこで、フルオレセイン水溶液のpHを変化させることで染色のされやすさが変わるのではないかと思い、実験を行った。塩酸と水酸化ナトリウム水溶液をフルオレセイン水溶液で希釈することで、pHを2,4,7,10,12に調整したフルオレセイン水溶液を作成した。これらを用いて実験3と同様の手順で実験を行った。結果を図9に示す。

図9 pH変化による繊維の染色の違い

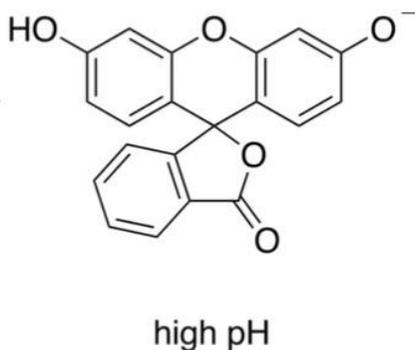
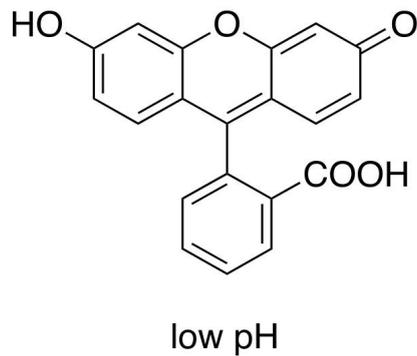
pH	2	4	7	10	12
絹					
ポリエステル					

フルオレセイン水溶液のpHが2,4のとき、絹繊維は顕著に反応した。またポリエステル繊維はフルオレセイン水溶液には反応しなかった。

4.2 考察

フルオレセイン水溶液のpHが低い値を示すときに反応が顕著になったということは、染色反応には水素イオンが関係していると考えられる。フルオレセインはカルボキシ基を持っているが、このカルボキシ基は水溶液中で電離し(図10)、電離するとリシンとアミド結合せず染色されない。ここで、カルボキシ基は水溶液中で以下の電離平衡が成り立っている。

図10 フルオレセインの電離



したがって、ルシャトリエの原理より、水素イオンの濃

度が高いときカルボキシ基が保たれる。そのためpHが低いほど染色されやすくなったと考えられる。

4.3 新たな課題

フルオレセインを用いた染色による判別を行うと、繊維を汚してしまうこととなり実用的でない。そこで、フルオレセインで染色された絹を脱色できないかと考えた。

5.1 実験5 加水分解による脱色

フルオレセインがアミド結合により染色されているなら、水酸化ナトリウム水溶液を加えることにより加水分解できるのではないかと考えられる。また、フルオレセインで着色された絹繊維が加水分解により脱色できるなら、フルオレセインの結合がアミド結合によるものだとわかり、実験3,4の考察が正しいと予想できる。今回の実験では、フルオレセインで染色された絹繊維を水酸化ナトリウム水溶液に10分程度浸し、観察した。結果を図11に示す。

図11 水酸化ナトリウムに浸した絹繊維



絹繊維は水酸化ナトリウム水溶液により脱色された。

5.2 考察

水酸化ナトリウムにより染色が落ちたということはフルオレセインのカルボキシ基とアミノ基が加水分解されたということである。したがって、繊維を脱色することが可能になったといえる。また実験3,4の考察は正しいと予想できる。

6 まとめ

この研究により、滴下法を用いることで表面加工と混紡された繊維を除いて即時的に繊維を判別することが可能だと分かった。また、フルオレセインを用いた絹繊維とポリエステル繊維の判別に成功した。さらに、フルオレセインのpHを低くすることで市販の絹繊維

でも判別することを可能にした。そして、水酸化ナトリウムを用いて加水分解によりフルオレセインで染色された繊維を脱色できることが分かった。これらの方法は、着物店などでの商業的な利用価値が期待できると考えられる。

7 謝辞

この研究を進めるにあたり、学校の先生方や東北大学GLCの方には大変お世話になりました。この場を借りて深く感謝申し上げます。

8 参考文献

- 1)「着物生地のアップサイクルによる伝統文化の伝承と発信～着物生地の素材判別で商品魅力向上～」株式会社WATALIS (2019.1.18)
- 2)「機能性素材の評価試験法」一般財団法人ボーケン品質評価機構
- 3)「フルオレセインはどのような条件でよく光るのか」平岡諒也 大島拓朗
- 4)「色素を用いた繊維の判別ーフロモクレゾールパープルによるタンパク質繊維の染め分けー」松浦紀之 (2017)
- 5)「絹の化学と材料開発」信州大学繊維学部 玉川靖 (2016)
- 6)「生物学的物質の捕獲または分離用複合微粒子」ekouhou.net (2011.12.1)