

紫外線による色素の退色

猪爪 美遥, 清水 沙紀, 菅野 真那, 久本 莉彩子
指導教員 岡崎 裕, 佐伯 香織

要約

私たちは外に干された衣服がなぜ色あせているのかに興味を持った。退色の原因に様々なことが挙げられるが、その中で太陽光による退色を調べようと思った。太陽光には、赤外線・可視光・紫外線などがあるが、今回私たちは紫外線に注目して実験を進めた。予備実験で綿の布を7種類の色に染めて紫外線を当て、退色の進み具合を見たところ、赤色が最も退色した。そこで、赤色色素であるコチニール水溶液を用いて実験を行うことにした。次の実験では、1週間コチニール溶液に3種類の光を当てたところ、目で見てわかるほどの変化がなかったため、分光光度計を用いて吸光度を測定した。そして、測定した値をグラフ化し、ブランクを含めた4種類を比較した。その結果、波長が短い紫外線をあてたものほど吸光度が小さくなっていった。これは波長が短い方がエネルギーは大きいので、コチニールの分解が進みより退色が進んだためだと考えられる。

Abstract

We are interested in clothes faded when were dried under the sun light.

We examined the reasons for the fading. Sun light consists of ultraviolet rays, visible light, and infrared rays. This research found in the influence of ultraviolet rays. In this preliminary experiment, cotton cloth was colored by different dyes and exposed to ultraviolet rays.

The progress of fading was examined for a weeks. The red cloth faded completely. After that, we put the cochineal solution in the water and examine by putting the solution under the ultra violet rays. We didn't find a color change, so we used spectrophotometer and measured absorbance. We graphed these values under four kinds of light included brank. Result in absorbance became low when wavelength was short. Because energy is high when wavelength is short, cochineal was resolved well and faded well.

キーワード

紫外線 (UV) コチニール 分光光度計 吸光度

Keywords

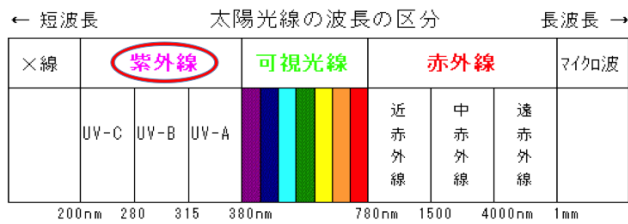
Ultraviolet rays Cochineal Spectrophotometer Absorbance

1 序論

衣服にも日焼けというものがある。例えば、色のついた服を洗濯した後天日干しにして乾かすとする。そうすると、何度も何度も繰り返すうちに色がだんだん落ちてきて白に近い色になっていく。私たちはそれに興味を持った。そこでどうして色が褪せるのかについて調べることにした。これまでの研究によりさまざまな原因があることが分か

っている。多くの家庭では洗濯機を使って衣服を洗う。その中で布と布がこすれ合い摩擦熱が発生し色が落ちることもある。しかし、私たちは人体にも影響を及ぼす紫外線による退色に注目した。ここで指している紫外線は太陽光(図1)のものだが、太陽光には紫外線のほかにも赤外線や可視光、他にも様々なものが含まれている。紫外線を選んだのは、人体が日焼けする原因は紫外線であり、布でも

強く色素分解を促進させるのではないかと考えたからだ。



(図1) 太陽光の波長分布

2 研究内容

① 布を用いた色素の退色

7色の綿に紫外線を1週間当て、布の色が退色するかを確認した。実験材料の布は綿100%のものを使用し、色は赤・青・黒・白・黄緑・桃色・紺の七色を用いて実験を行った。

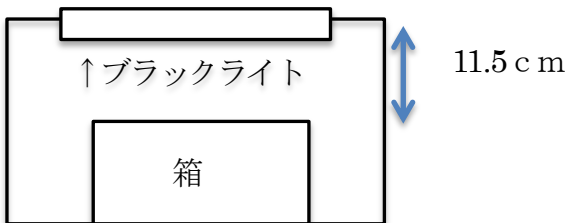
<実験方法>

箱に4.0cm幅に切った布をたるみのないよう貼り付ける。それを4.0cm出してアルミホイルでのこりを隙間のないように密接させて被せ固定し、ブラックライト ($\lambda = 435 \text{ nm}$) を照射した。紫外線を照射するときはライトから布の距離を11.5cmとした。(図2, 3)

毎日1.5cmずつずらして1週間実験を行った。照射時間に差をつけ経過を観察した。



(図2) 実験装置



(図3) 実験装置

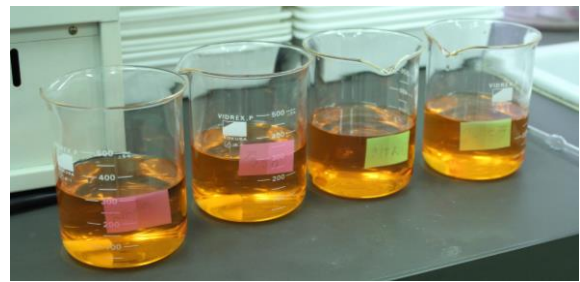
<実験結果>

紺・黒は退色の経過があまり見られなかったが、黄緑・

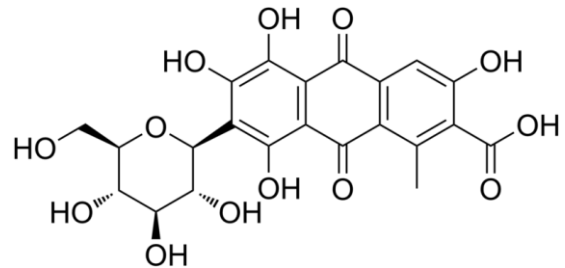
ピンクは退色が少しだけ見られた。また、白は黄色に変色していた。結果的に赤が最も退色が激しかった。これらの結果より、次の実験では赤色の色素であるコチニールを用いた。

② 水溶液の退色

先述の実験では布を用いて実験を行ったが、数値化が難しくデータ化が困難なため水溶液を用いた実験に変更した。以前の実験の結果から、赤色色素であるコチニールを水溶液として用いた(図4)。コチニールは99.9%がカルミン酸なので、この実験ではコチニールはカルミン酸であると考えた(図5)。



(図4) コチニール溶液

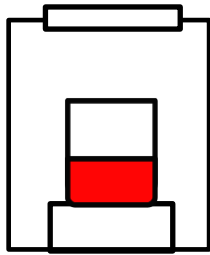


(図5) カルミン酸

<実験方法>

コチニール 0.51g を精製水 1500ml に溶かして、溶液を作り500ml ビーカー4つにそれぞれ300ml ずつ入れた。4つのビーカーの溶液それぞれを、セルにとり分光光度計<島津紫外可視分光光度計>(図6)で、吸光度を測定した(グラフ1)。3つのビーカーをライトA<殺菌灯 $\lambda = 253.7 \text{ nm}$ >, ライトB<ブラックライト $\lambda = 352.0 \text{ nm}$ >, ライトC<蛍光灯 $\lambda = 380.0 \sim 780.0 \text{ nm}$ >を取り付けた実験装置(図5)の中に入れ、残りの1つを何も取り付けしていない実験装置にいれライトD<ブランク>とした。ライトと水溶液の液面までの距離は13.0cmに調節した。すべての実験装置を暗室にいれ、溶液全体に光が当たるよ

うスターラーを用いて攪拌させた。(グラフ 2, 3, 4, 5)
 紫外線の照射時間をそれぞれ3日(グラフ6, 表1), 7日(グラフ7, 表2)として吸光度の測定を行った。



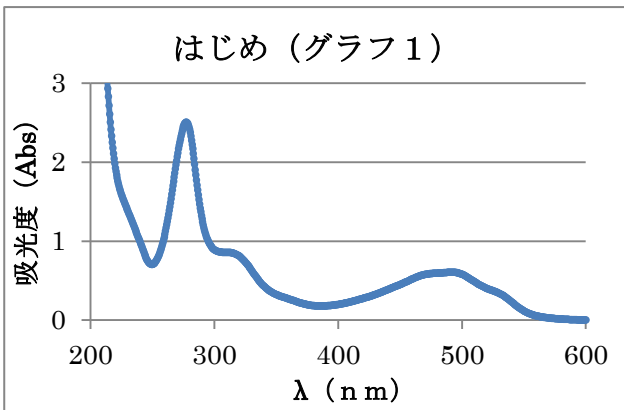
(図6) 実験装置
 上四角…ライト A~D
 下四角…スターラー



(図7) 分光光度計

<実験結果>

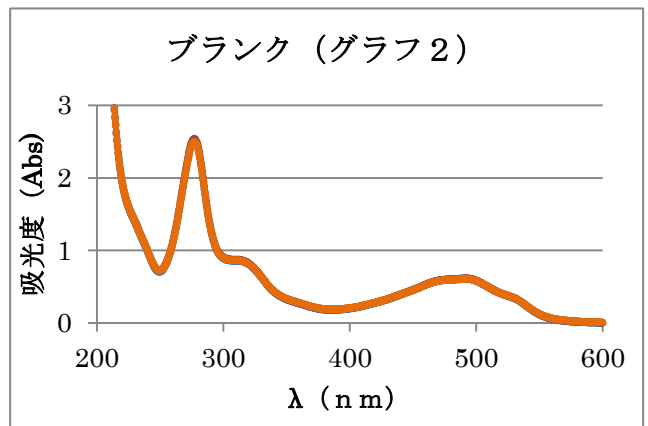
1) 光照射前



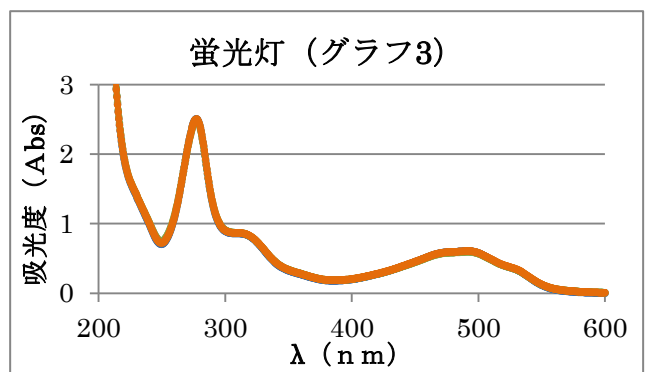
*以下の結果はグラフ1を基準として行った

2) 光照射後

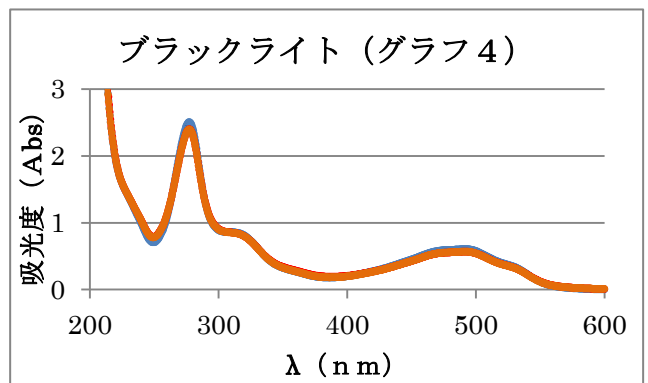
○ライト別の変化



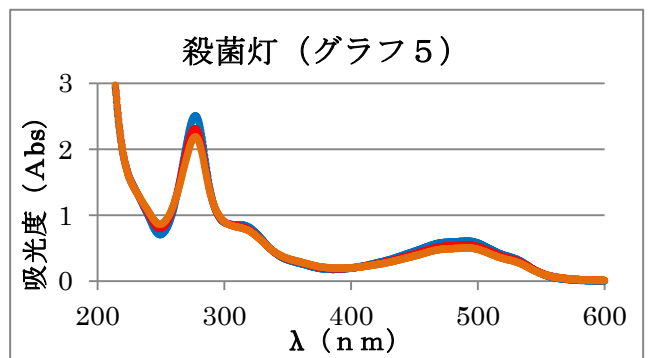
—はじめ —三日後 —七日後



—はじめ —三日後 —七日後

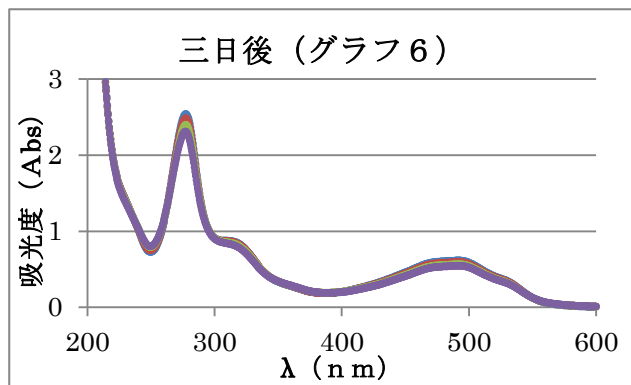


—はじめ —三日後 —七日後



—はじめ —三日後 —七日後

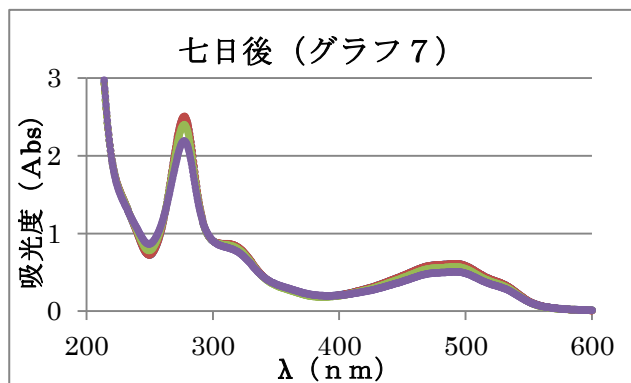
○日にち別の変化



— ブランク — 蛍光灯
— ブラックライト — 殺菌灯

表 1. 277.0 nm における吸光度
(三日目に測定)

ブランク	2.543
蛍光灯	2.488
ブラックライト	2.402
殺菌灯	2.313



— ブランク — 蛍光灯
— ブラックライト — 殺菌灯

表 2. 277.0 nm における吸光度
(七日目に測定)

ブランク	2.500
蛍光灯	2.506
ブラックライト	2.400
殺菌灯	2.190

七日目まで3種類のライトを照射した水溶液を目視で確認したところ、予備実験で見られたような大きな変化は

見られなかった。そこで分光光度計に入れ吸光度を測定したところ表 1,2 のような結果が出た。表や、グラフからもわかるようにブランクと蛍光灯はほとんど変化が見られなかった。殺菌灯は最も大きな変化が見られ、ブラックライトは殺菌灯ほどの変化はなかったが、蛍光灯よりは変化が大きく表れていた。同じ紫外線でも波長の長短により大きさに差が見られた。

<考察>

殺菌灯の変化がより大きい理由としては殺菌灯の波長が短くエネルギーが大きいためだと考えられる。コチニール特有のピークの減少がグラフから見られた。これはコチニールが分解しているためだと考えられる。殺菌灯から出ている紫外線のエネルギーを式 1 に基づいて計算し、表 3 の結合エネルギーと比較すると、C-O、O-H の結合などが切断されている可能性があると考えられる。

コチニールは天然物のため不純物が含まれるので、今後は不純物の少ない合成色素を用いた実験を行いたい。また、コチニール以外で衣服の染色に用いられている色素との相違点を調べたいと考えている。

式 1. エネルギーを求める公式

$$E = Nhc / \lambda \times 10^5 \cdot \text{mol}^{-1}$$

N : アボガドロ定数 h : プランク定数

c : 光速 λ : 紫外線波長

表 3. 結合エネルギー

結合	kJ / mol	結合	kJ / mol
O - H	462.8	C = C	607.0
C - C	347.7	C = O	724.0
C - H	413.4	C - O	351.5

3 結論

7色の布にブラックライトを当てた実験では、赤色の布が最も退色が激しかった。

赤色の色素であるコチニールの水溶液を使用した実験では、可視光ではほとんど変化が見られず、紫外線長波長では多少分解し、紫外線短波長ではよく分解が進んだ。同じ紫外線でも波長の長短により予想以上に差がみられた。

波長が短くエネルギーの大きい光のほうがコチニールの分解がよく進んだ。今後は、太陽光の紫外線波長分布との関係をさらに深めていきたい。また、紫外線が吸収されるメカニズムについても調べていきたい。

謝辞

ご指導ありがとうございました。

岡山大学環境理工学部名誉教授 坪井貞夫先生

参考文献

東京家政大学・大学院 日シ学誌,
スリーボンド・テクニカルニュース 3月20日(1987),
紫外線 - オゾンによる表面処理, 13, 51-58 (2004) J. Silk
Sci. Tech. JPN