

# 反応染料で染色した綿糸の紫外線照射による退色(第1報)

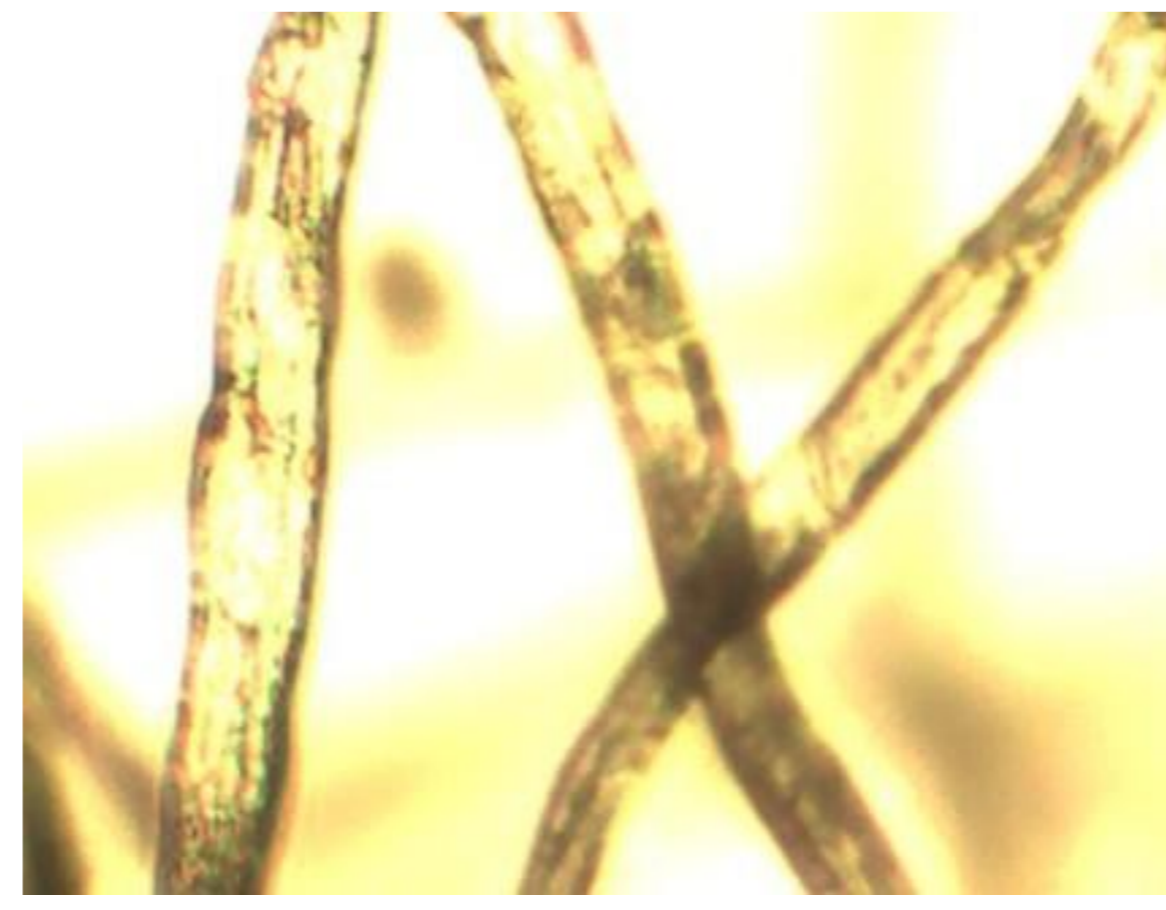
兵庫県立姫路東高等学校 科学部 化学班  
 山本夏希 赤瀬彩香 高瀬健斗 岩本濤治 奥見啓史 藤本大夢 安原優  
 兵庫県立西脇高等学校 地学部  
 岸本ななみ 藤井咲幸 横山渚 小畑颯矢 小林日菜向 村上春輝 山田怜央 吉田翔



**キーワード** 退色(色素そのものの性質が変化して色が変化する現象) 染料 紫外線 光の3原色

**動機・目的** 繊維製品を洗濯後干すと、長時間干していたわけではないにもかかわらず、陽にあたった場所だけが変色したり色落ちしたりすることがある。

西脇市は、古くから反応染料で糸を染色して織り上げる播州織で栄えた都市である。私たちは、播州織の糸の染色方法に興味を持ち、播州織の地元である兵庫県立西脇高等学校と共同研究することにした。変色の原因として、化学的変色と物理的変色の先行研究がある。物理的変色についての先行研究は少ないが、綿やシルク、ナイロンなどは、紫外線の影響で繊維そのものが分解されて変色が起こるとされている<sup>1)2)</sup>。変色に関する先行研究の多くは、化学的に変色のメカニズムを解明するものである。染色した糸に対する紫外線の影響について、同じ条件で実験しても異なる結果が得られるなど、科学的には解明されていないとされている。本研究では、反応染料によって染めた綿糸に紫外線を照射し、紫外線によって綿糸の色がどのように変化するかを明らかにすることを目的とした。播州織は特別な糸を用いているわけではないため、播州織の糸の退色のメカニズムを明らかにすれば、広く一般的な退色のメカニズムの端緒を得ることができる。



染色前の糸の顕微鏡写真  
(顕微鏡写真の横幅は20μm)

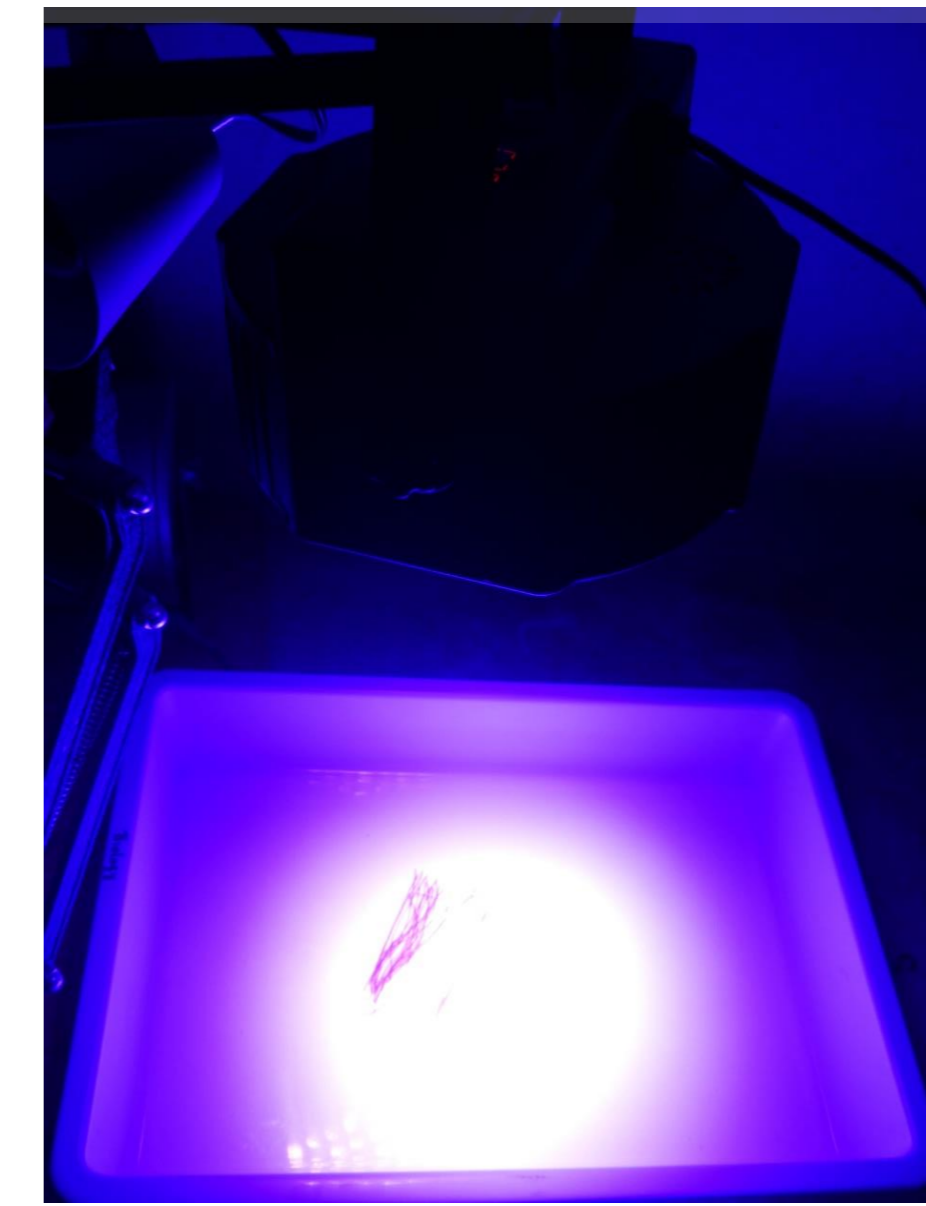
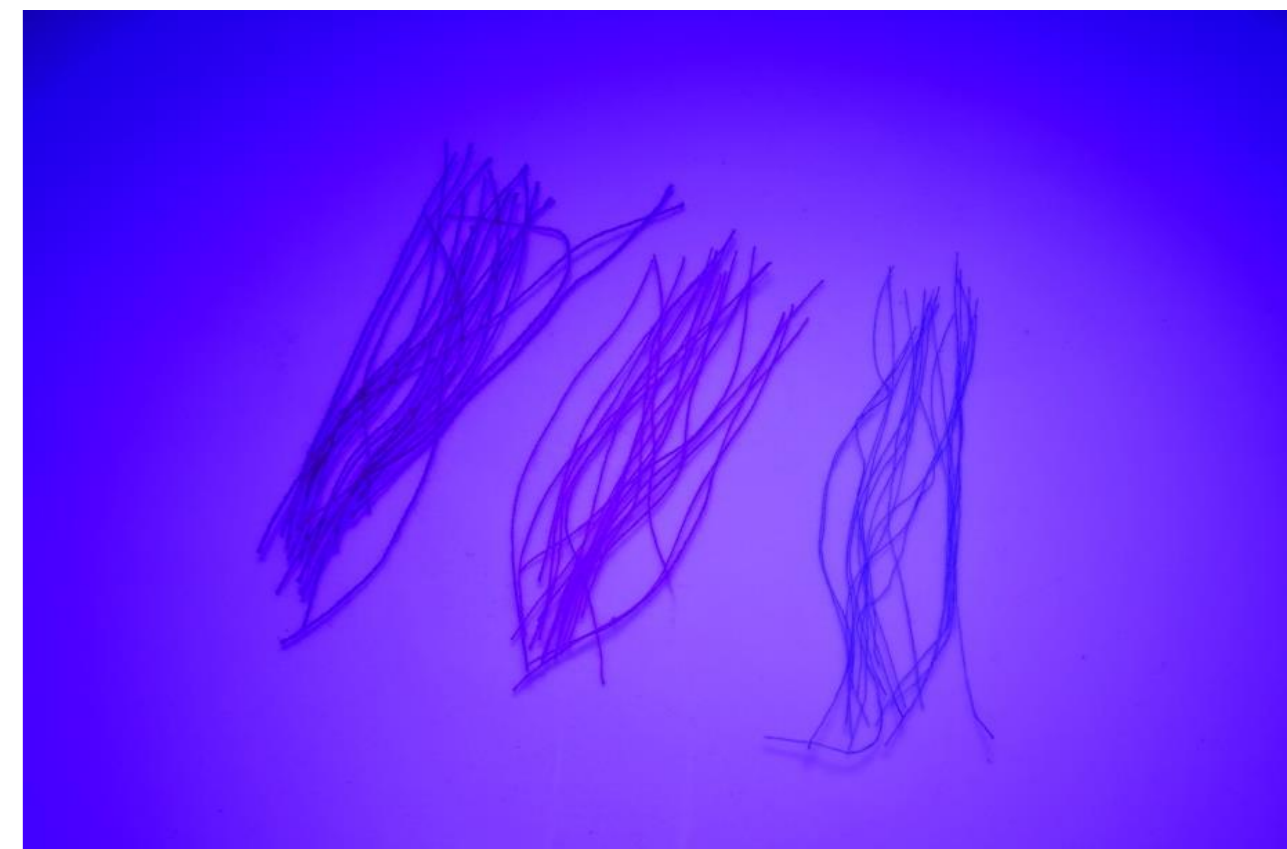


図1 赤、黄、青の糸に紫外線を照射する



## 実験の方法

・本研究では古くから播州織に用いられている、反応染料で染色された綿糸を試料とした。  
 ・この糸を暗室内に静置し、紫外線ライト(TECKEPIC社製APD014PU-J0/36W36LED)で、紫外線を50cmの距離から1日~10日間照射した(図1)。  
 ・紫外線を照射した糸の一部を細い針を用いて毛羽立たせ顕微鏡で糸の色素のようすを観察した。

## 結果

照射日数	照射前(染色直後)		
色素	青	黄	赤
顕微鏡写真(40倍)			
照射日数	3日		
色素	青	黄	赤
顕微鏡写真(40倍)			
照射日数	6日		
色素	青	黄	赤
顕微鏡写真(40倍)			
照射日数	10日		
色素	青	黄	赤
顕微鏡写真(40倍)			

・糸は自ら光を発しないため、糸の色は色の3原色の組み合わせによって決定される  
 ・顕微鏡で観察すると、青糸、黄糸、赤糸に見える糸は、色の3原色(空色=シアン、赤紫=マゼンタ、黄=イエロー)が混ざり合うのではなく、それぞれの色素が数μmのドット状に繊維を染めており、その割合が異なることによって、視覚的に異なる色に見えることがわかった(表2)。  
 ・黄の色素はほとんど確認することができなかった。

・日本色研事業株式会社の新配色カード199a(カラーチャート)を用いて比較する  
 ・染料そのものの色が変わっているようすは確認できない  
 ・数μmのシアンとマゼンタのドットが占める割合が、紫外線照射によって変化している黄の色素を単独で確認することはできなかったため、シアンに対するマゼンタの割合を青糸、黄糸、赤糸それぞれの退色の程度の指標として用いて、この割合が紫外線照射日数と相関関係があるかどうかを調べた。

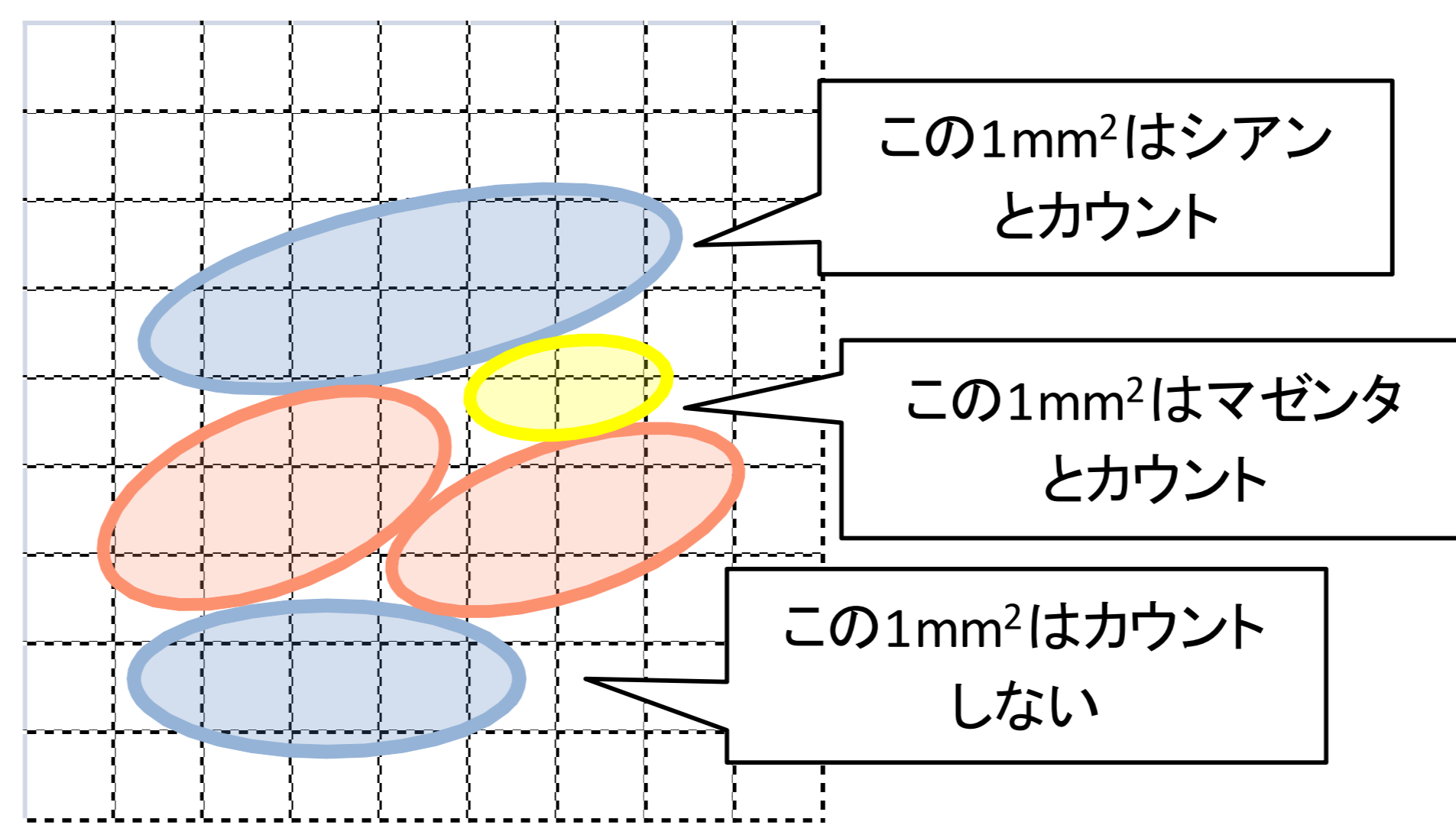


図4 色素のカウント方法

・5カ所ずつ40倍の顕微鏡で撮影し、写真に1mm方眼紙を貼りつけて、1mm²に何色の色素が定着しているかを調べた。  
 ・方眼紙の1mm²枠の一部であってもある一色の色素が見られれば、その色素としてカウントした  
 ・1mm²枠内に複数の色素が見られればその面積の大きい方の色素としてカウントした(図4)  
 紫外線の照射日数と色素の面積比を求めたものを表3および図5にまとめる。

照射日数(日)	シアンに対するマゼンタの割合		
	青糸	黄糸	赤糸
0	0.64	2.77	46.17
1	1.25	3.54	26.93
2	1.54	2.66	32.74
3	1.32	2.39	25.73
4	0.59	2.07	15.57
5	0.54	0.34	13.26
6	0.35	0.86	1.10
7	0.61	0.57	1.85
8	1.37	0.25	2.97
9	0.89	0.88	0.88
10	1.09	0.65	1.01

表3 青糸、黄糸、赤糸の紫外線照射日数とシアンに対するマゼンタの割合の変化

青糸のシアンに対するマゼンタの割合に相関関係はみられない  
 黄糸と赤糸には強い相関関係がみられる。  
 いずれも、紫外線照射6日目まで割合が低下していき、それ以降は割合に変化はみられない

表2 紫外線照射日数と糸の顕微鏡写真(顕微鏡写真の横幅は20μm)

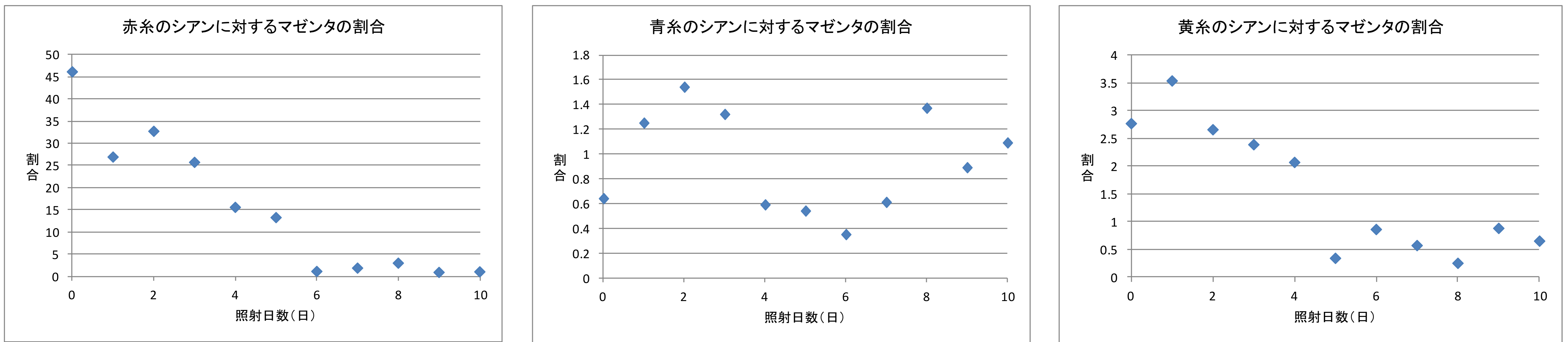


図5 青糸、黄糸、赤糸の紫外線照射日数とシアンに対するマゼンタの割合の変化

**考察** ・染料そのものは変色しにくい性質をもっているが、紫外線は繊維そのものにダメージを与える。  
 ・播州織の綿糸は、シアンやマゼンタのそれぞれが数μmのドット状に異なる割合で繊維と結合することによって、青糸、黄糸、赤糸として認識される。  
 ・紫外線を長期間照射するほど、マゼンタの割合が低下して、糸の色が視覚的に退色して見える。  
 ・染料は、紫外線によって励起状態となり、元の状態に戻る途中で分子内の化学結合が切れて壊れてしまうことがある。  
 ・赤糸の色素は、補色である青系の光をよく吸収する性質をもっているため、紫外線も吸収しやすく壊れやすい。  
 ・黄糸は、そのような傾向は見られず、黄色の色素そのものもほとんど確認できなかった。  
 →黄糸が青糸や赤糸に比べて変色しにくい性質である可能性がある。  
 ・播州織の黄色の糸は、黄色の染料で染色されているわけではない。

**結論** 紫外線を連続照射すると、青糸と赤糸では6日目までシアンに対するマゼンタの染料の割合が減少して、視覚的に変色して見える。これは、マゼンタが紫外線によって壊されたことを示している。黄糸に関しては、この傾向が見られないため、退色しにくいと考えられる。

**今後の課題** 今後は、染色液の成分を分析し、分光光度計を用いて染色液そのものの、紫外線に対する吸光度を測定する予定である。現在も実験を継続しており、長期間の紫外線照射による影響についても考察したい。さらに、今回扱わなかった顔料との比較研究もおこないたい。

**謝辞** 本研究をおこなうにあたって、西脇市の東播染工株式会社には、播州織に用いられている糸や染料をご提供いただいた。兵庫県立姫路東高等学校(前県立西脇高等学校)科学部顧問の川勝和哉先生には、研究の進め方について多くの助言を得た。ここに記して謝意を表する。

**引用文献** 1)浦畑俊博, 繊維製品の黄変および変色について, 織消誌, 1992, p10-16.  
 2)株式会社仁多産業, 繊維の脱色方法および退色方法, 2007, 日本特許情報。  
 3)染色物の染色部属判定方法原案作成委員会, 染色物の染色部属判定方法, 日本工業規格, 1999。  
 4)杉本大・磯野禎三, 繊維染色系排水の脱色処理技術とその動向, 環境技術, 2000, 29, 9, p731-741。  
 5)美馬朋子・佐藤昌子, 染色布の紫外線遮蔽性能に関する研究(第1報)—Direct Red綿染色布について—, 織消誌, 1999, p36-46。  
 6)美馬朋子・佐藤昌子, 染色布の紫外線遮蔽性能に関する研究(第2報)—直接染料の可視吸収特性の影響—, 織消誌, 2001, p46-60。  
 7)美馬朋子・佐藤昌子, 染色布の紫外線遮蔽性能に関する研究(第3報)—ポリエステル染色布について—, 織消誌, 2004, p58-68。  
 8)美馬朋子・佐藤昌子, 染色布の紫外線遮蔽性能に関する研究(第4報)—染色布の退色が紫外線遮蔽性能に及ぼす影響—, 織消誌, 2004, p61-70。  
 9)美馬朋子, 繊維製品の染色による紫外線遮蔽効果, 織消誌, 2006, p44-49。