

★ 日程(第3回 12月17日)

9:30 開講式

開講のことば
スタッフ紹介
受講生自己紹介
日程説明
実験上の注意
写真撮影

9:45 実験「化学繊維の合成」

実験 A 化学繊維の合成 ～レーヨンをつくる～
実験 B 繊維を染める ～繊維と染料の関係～
B-1 繊維を染め分ける
B-2 ボウケンステイン II に含まれる染料を分ける
実験 C しぼり染めで遊ぼう

11:45 アンケート記入

11:50 閉講式

閉講のことば
連絡

化学繊維の合成 (12月17日)

今日はどの服にしようかな・・・天気予報では最低気温が氷点下1℃になるって言っていたし、分厚いセーターにしよう。セーターの色は赤と黒、どっちが良いかな・・・。こんな風に、私たちは何気なく洋服を選んでいきます。もちろん、綿やウールなど洋服の素材によって保温性といった性質が違い、また、同じ素材でも色とりどりに発色していることは、当たり前のように知っています。それでは、なぜ、素材によって性質が異なるのでしょうか？なぜ、洋服が色とりどりに染まるのでしょうか？

本日の実験では、“衣料(洋服)”にまつわる実験として、衣料の素材である繊維を合成し、合成した繊維やその他様々な繊維を染めることで、衣料はなにからできているのか、また、衣料が染まる理由について理解します。

はじめに 衣料は繊維の集合体

衣料を詳しく見ると、たくさんの糸が織られてできていることが分かります。それでは、糸を詳しく見ると、どうなっているのでしょうか。

糸は、「繊維」と呼ばれる細くて長い材料が集まってできています。そして繊維は「高分子」という巨大な分子が集まってできています。高分子の集まり方は二通りあり、一つは高分子が密に規則正しく並んで「結晶部分」を形成し、もう一つは高分子が疎に不規則に集まり「非晶部分」を形成します。

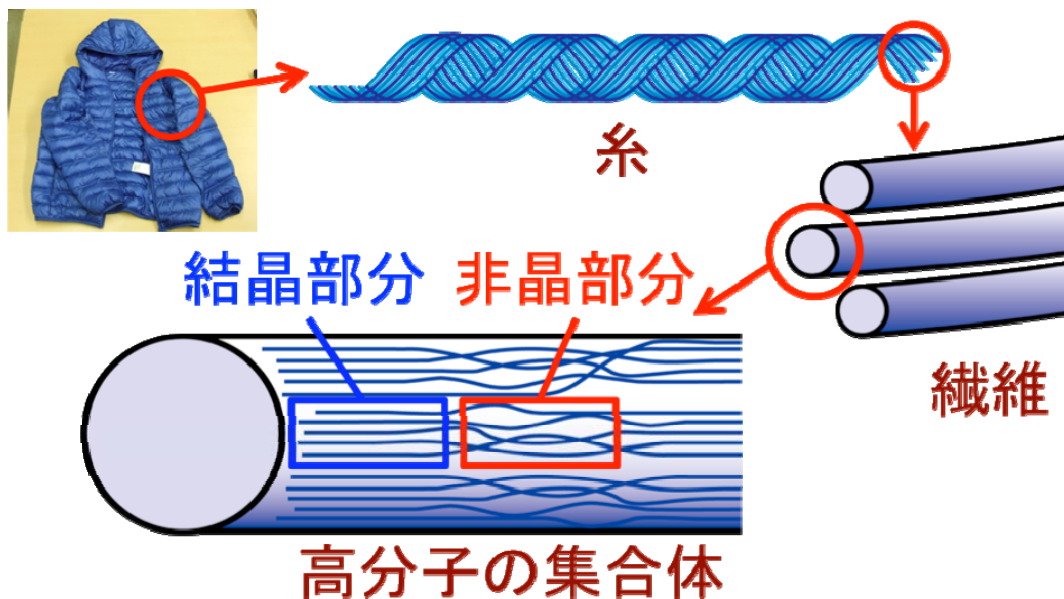


図1 衣料の化学

繊維には様々な種類があり、天然から得られる繊維を天然繊維、合成して得られる繊維を化学繊維といいます。例えば、天然繊維である綿は「セルロース」という高分子が集まってできた繊維です。

衣料の目的にあわせて繊維が使い分けられています。例えば、吸湿性の良い綿はシャツに、通気性の良いポリエステルは洋服の裏地に、といった具合です。各繊維の示す性質は、繊維を形成する高分子の構造によるものです。

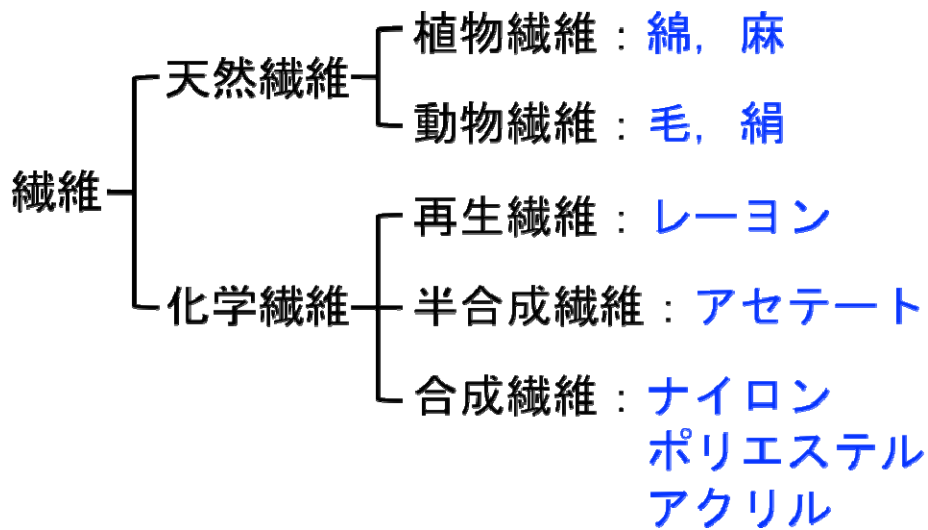


図2 繊維の分類

実験 A 化学繊維の合成 ～レーヨンをつくる～

化学繊維の再生繊維に分類されるレーヨンを合成します。レーヨンは 1883 年に発明された最初の化学繊維といわれています。レーヨンは天然高分子であるセルロースを、化学的処理によって溶解し、再び紡糸、つまり再生することで得られます。今回の実験ではレーヨンの原料として綿を用い、銅アンモニア法にてレーヨンを合成します。

[薬品]

綿(セルロース), 硫酸銅五水和物 $\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, 25%アンモニア水
7%水酸化ナトリウム水溶液, 16%硫酸

[器具]

チャックつきビニール袋, 100 mL ビーカー, 300 mL ビーカー
注射器, 注射針, ピンセット

[操作]

1. チャック付きビニール袋を開けて 100 mL ビーカーに入れて、薬品類を入れやすくする。
2. 硫酸銅五水和物 0.5 g をチャック付きビニール袋に量り入れる。
3. ドラフト内でアンモニア水 4.5 mL をチャック付きビニール袋に加え、チャックをしてから実験台にもどり、ビニール袋を手でもみ大きなかたまりを溶かす。
4. 水酸化ナトリウム 2 mL を加え、さらに溶かし、**銅アンモニア溶液**をつくる。
5. 綿を少し加え、手でもみ溶かす。これを繰り返して全ての綿を溶かす。最終的には粘度の高い溶液になる。
6. ゴム手袋をする。
7. 溶液を注射器に吸い込んで入れ、注射針をつける。

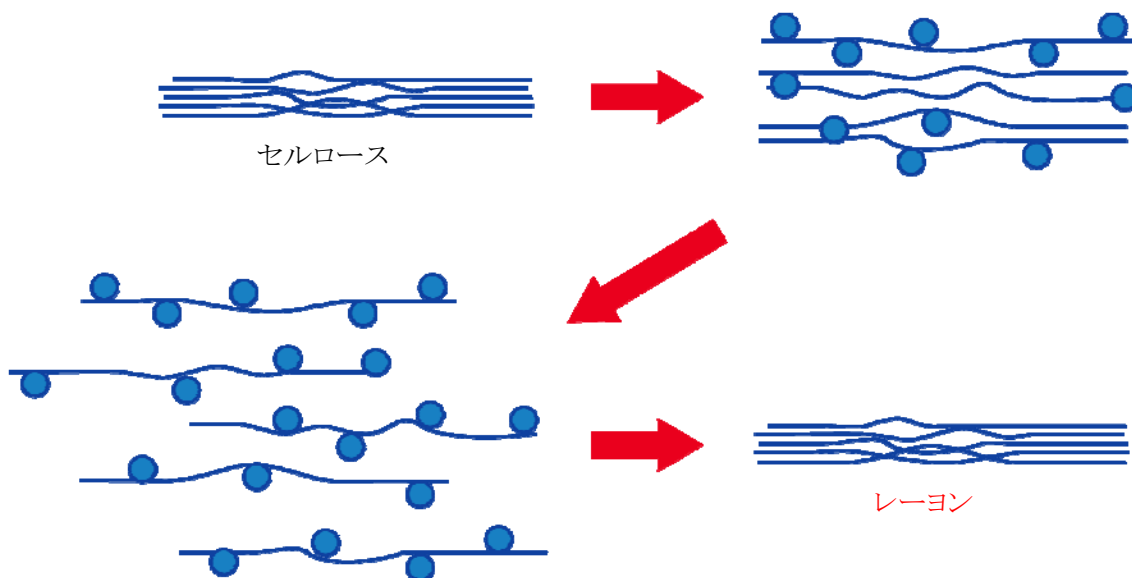
※注射針のあつかいに注意。

8. 硫酸水溶液がはいったビーカーに注射針から出す。このとき、注射針の先端は希硫酸に浸し、注射針の付け根を手で押さえながら溶液を押し出す。
9. 糸の色が消えるまで放置する。
10. 手袋を表裏逆になるように(手袋に付着した薬品が内側になるように)はずす。
11. ピンセットで糸を取り出し、水道水を入れておいた 300 mL ビーカーに入れる。
12. 流し台にもっていき、糸を大量の水で洗浄して余分な薬品を取り除く。

[解説]

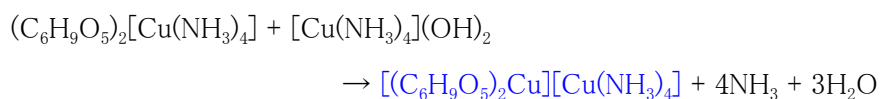
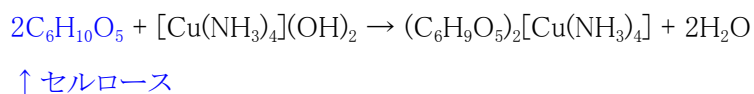
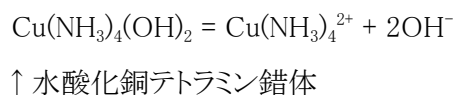
硫酸銅五水和物にアンモニア水、水酸化ナトリウムを混合すると、深青色の水酸化銅テトラミン錯体を形成します。この錯体を含む銅アンモニア溶液に綿(セルロース)を入れると、セルロ

ースの銅アンモニア液となり、綿が溶解し、高粘度の溶液が得られます。これを硫酸水溶液に注射器で押し出すと、銅イオンがセルロースから離れ、再びセルロース繊維、つまり、レーヨン形成します。



銅アンモニア溶液によるセルロース溶解

図 3 レーヨン合成の模式図



式 1 銅アンモニア溶液によるセルロースの溶解

実験 B 繊維を染める ～繊維と染料の関係～

身の回りにある様々な色の衣料はどのように染まるのでしょうか。ここでは、図 2 に記載されている繊維を、繊維鑑別用試薬「ボウケンステイン II」を用いて染めてみます。繊維の種類、つまり繊維を構成する高分子の構造によって染まり方が違うことを実際に体験してみましょう。

実験 B-1 繊維を染め分ける

繊維鑑別用試薬「ボウケンステイン II」は繊維によって染まる色が違うため、繊維を鑑別することができます。実験 1 で合成したレーヨンと 13 種類の繊維を染め、違いを観察しましょう。

[薬品]

実験 A でつくったレーヨン, ボウケンステイン II

様々な繊維(13 種類):綿, 麻, ナイロン, アセテート, 毛, レーヨン,
アクリル(2), 絹, ポリエステル(2), 繊維 1, 繊維 2

[器具]

300 mL ビーカー, 10 mL こまごめピペット, ピンセット

ガスバーナー, 三脚, 金網

[操作]

1. 300 mL ビーカーにボウケンステイン II 7.5 mL を入れ、ビーカーの目盛で 150 mL まで純水を入れる。
2. ボウケンステイン II 水溶液に実験 1 で合成したレーヨンと様々な繊維を入れ、ガスバーナーで加熱する。
3. 沸騰したら 2 分間煮沸する。
4. ピンセットで取り出し、水でよく洗う。
5. ペーパーで繊維を押し、水分を除く。
6. 染まった繊維を観察する。

実験 B-2 ボウケンステイン II に含まれる染料を 分ける

実験 B-1 で繊維の染色に用いたボウケンステイン II には、何種類の染料が含まれています。「ペーパークロマトグラフィー」という分離方法を用いて調べましょう。

[薬品]

ボウケンステイン II, エタノール, ろ紙

[器具]

50 mL ビーカー, キャピラリー

[操作]

1. ろ紙の下から約 1 cm のところに定規を使って鉛筆で線を引く。
2. 線の上にキャピラリーをつかってボウケンステイン II をろ紙にスポットする。
3. 50 mL ビーカーに約 5 mL エタノール／水混合液を入れる。
※エタノール／水混合液の水位がスポットよりも下にあることを確認する。
4. ボウケンステイン II をスポットしたろ紙を 50 mL ビーカーに立てて置き、エタノール／水混合液がろ紙を上がっていく(展開)様子を観察する。
※展開が始まるとすぐにボウケンステイン II が分離するので、ろ紙をビーカーに入れたら展開が終わるまで目を離さない。
5. エタノール／水混合液はろ紙の上 2 cm まで上がったたら、ビーカーからだして乾かす。

染料: 可視光線を吸収して色が見え、物質の着色に用いる分子を色素という。イオン結合、水素結合、分子間力などにより繊維と結合し、容易に取れない色素が染料である。

[実験 B-1 結果] 染めた繊維を貼付けましょう。

1 綿		2 麻	
3 ナイロン			
4 アセテート			
5 毛			
6 レーヨン		アクリル 70% 毛 30%	
7 アクリル		8 アクリル糸	
9 絹		絹 50% 綿 50%	
10 ポリエステル		11 ポリエステル (テトロン)	

[実験 B-1 解説]

ボウケンステイン II の鑑別色一覧表は次のようになっています。

■ 鑑別色一覧表

繊維名		JIS-Z-8102による色名	
		慣用色名	系統色名
綿・麻		錆浅葱	灰みの青緑
ナイロン		松葉色	くすんだ黄緑
アセテート		橙 色	あざやかな黄赤
毛		土 色	くすんだ赤みの黄
レーヨン		藍 鼠	暗い灰みの青
アクリル		紅 色	あざやかな赤
絹		らくだ色	くすんだ黄赤
ポリエステル		刈安色	うすい緑みの黄

実験 B-2 の結果より、ボウケンステイン II には 3 種類の染料が含まれています。染料の作用により、繊維はどうして染め分けられたのでしょうか。

まず、繊維が染まるしくみについて簡単に説明します。繊維は高分子集まりで、高分子は結晶部分と非晶部分の両方をもっていることは先ほど述べました。染料は、この、高分子が疎で不規則にあつまっている非晶部分に入り込み、高分子と種々の結合を介して、繊維を染めるのです。

染める時に 2 分間煮沸を行ったが、加熱によって、繊維に熱エネルギーを与え、それにより高分子が激しく運動するため、繊維分子間にすき間ができ、染料は内部まで拡散することができる。

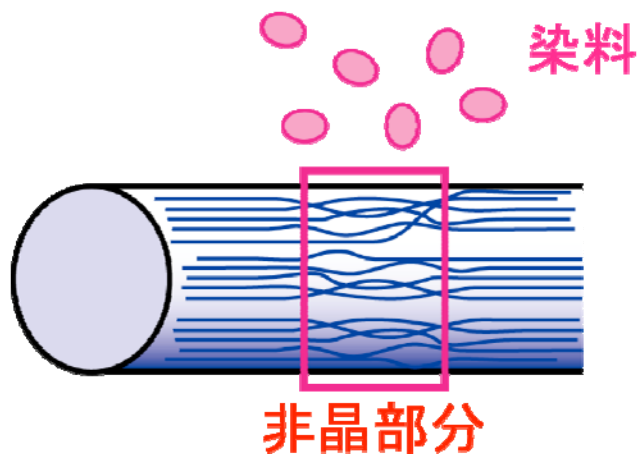


図3 染色のしくみ

直接染料

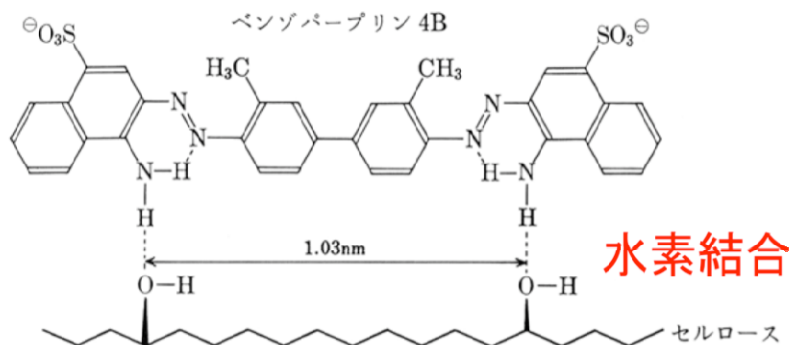
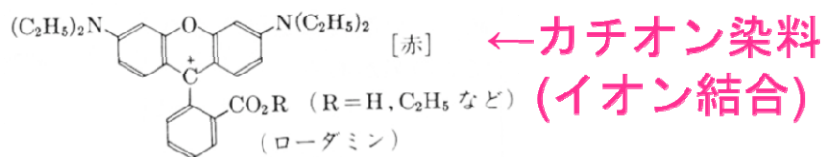


図4 直接染料とセルロースの結合例(水素結合)



分散染料→
(分子間力)

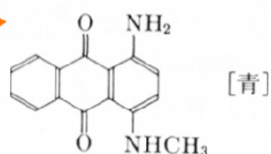
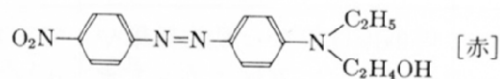


図5 カチオン染料と分散染料の例

表1 繊維と染料の相性

	直接染料(青)	カチオン染料(赤)	分散染料(黄)
綿・麻	○	△	X
ナイロン	△	△	○
アセテート	X	△	○
毛	○	△	X
レーヨン	○	△	X
アクリル	X	○	○
絹	○	△	X
ポリエステル	X	X	○

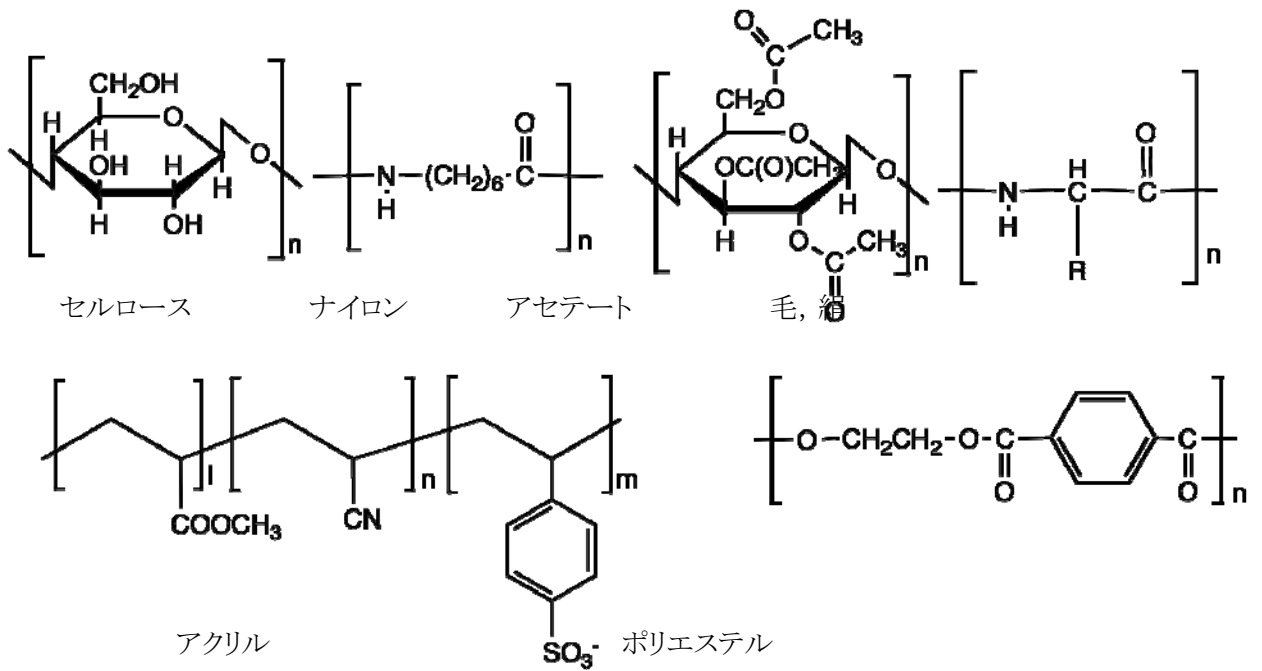


図6 繊維の構造式

[実験 B-2 結果] ペーパークロマトグラフィーを貼付けましょう。

[実験 B-2 解説]

ペーパークロマトグラフィーより、3 種類の色が分離されました。この結果より、ボウケンステイン II には 3 種類の染料が含まれていることが分かります。

ペーパークロマトグラフィーの原理は次の通りです。展開液(今回はエタノール:水=85:15)がろ紙に染み込んで移動するとき、試料(今回はボウケンステイン II)が展開液と共に移動します。その移動のしやすさの違いによって分離されます。

3 種類の染料は赤、黄、青の順に展開液とともに移動しました。つまり、赤、黄、青の順番で展開液に溶解しやすく、青、黄、赤の順でろ紙に吸着しやすい構造を持つ、と推察できます。

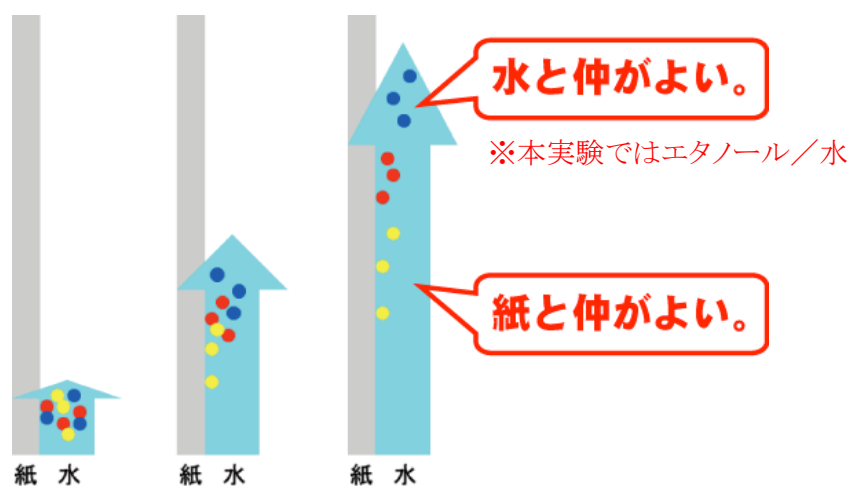


図 6 ペーパークロマトグラフィーの原理模式図

(産総研, ドリームラボ科学実験コーナー, ペーパークロマトグラフィー～紙と水で色をわけ～, http://www.aist.go.jp/aist_j/science_town/dream_lab/dream_lab_12/dream_lab_12_06.html, 2011.12.16)

実験 C しぼり染めで遊ぼう

しぼり染めは縛ったところだけに染料が入り込めず、白い模様をつくりだす模様染め技法です。実験 2 で使用したボウケンステイン II を再利用して、しぼり染めを体験してみましょう。

[薬品]

実験 B のボウケンステイン II(300 mL ビーカー入り), 布(綿), たこ糸

[器具]

ガスバーナー, 三脚, 金網

[操作]

1. 自分の好きなように、布をたこ糸で二重以上にきつく縛る。
2. ボウケンステイン II にたこ糸でしばった布を入れてから加熱し、2 分間煮沸する。
3. 水で余分な染料を洗い流し、たこ糸を外して乾燥させる。