

中学生のための 化学実験講座 2010



主催 沼津工業高等専門学校 物質工学科・教養科
日本化学会 東海支部

日時 2010年10月16日(土), 11月13日(土), 12月18日(土)
9:30~12:00 (受付は9:15より)

場所 沼津工業高等専門学校 物質工学科棟 4階学生実験室

実験を行う上での注意

- 机の上は整理、整頓しておく。
- 白衣と保護メガネを身につけて実験を行う。
- 事故やケガがあった場合、ささいなことでも指導者に報告する。
- 試薬は正しく使用する。持ち帰ってはいけない。
- 指示されていない操作を勝手に行ってはいけない。
- 実験後は、手を洗うこと。



★ 講師

小林美学（こばやし みがく） 専門：無機化学

メール m.kobayashi@numazu-ct.ac.jp

藁科知之（わらしな ともゆき） 専門：分析化学

メール wara@numazu-ct.ac.jp

山根説子（やまね せつこ） 専門：有機化学

メール syamane@numazu-ct.ac.jp

鈴木猛（すずき たけし） 専門：化学実験

メール tsuzuki@numazu-ct.ac.jp

★ 学生スタッフ（物質工学科の学生）

5年生

3年生

2年生

1年生

★ 受講生

中3

中2

中1

★ 日程（10月16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
写真撮影

9：45 実験「アルコールの反応と性質」

実験 A 酸化銅から酸素を奪う反応
実験 B 酢酸との反応（エステル化）
実験 C キャンドルの作成（燃焼反応）

11：45 アンケート記入

11：50 閉講式

閉講のことば
連絡



アルコールの反応と性質

化学は物質を変化させたり、性質を調べたりする学問です。本日の実験では、アルコールを他の物質に変化させます。しかしその変化は見た目にはわかりません。本日の実験を通して、物質が変化するとはどのようなことか、また変化したことはどのように確認できるかを学びましょう。

はじめに A 物質の変化（銅から酸化銅）

銅線を熱すると、黒くなります。黒くなったということは、物質が変わったということです。また、黒くなった銅線の質量を量ると、少しだけ質量が増えています。このことから、銅に何かがかくっついて黒い物質になっていることがわかります。

以上の実験は、中学校の教科書にも出てくる実験なので、学校で学んだ人もいるでしょう。この現象は、銅に酸素がかくっついて、酸化銅という新しい物質ができたと説明されます。そしてこのように、異なる物質に変化する反応を**化学反応**と言います。

なお、化学反応で新しい物質ができるときは、元の物質に何かがかくっついたり、元の物質から何かか離れたりします。化学の世界では、元の物質に他のものがくっつくことを、**化合**といいます。



図 1 物質の変化（化学反応）の例

はじめに B アルコール

アルコールはある特徴を持った物質のグループ名です。表 1 に、アルコールの代表的な物質であるメタノールとエタノールの性質を、図 2 にその構造を示します。2 つのア

アルコールは、性質がよく似ていることが分かります。また図2から分かるように、アルコールは、炭素(C)と酸素(O)と水素(H)からできている物質です¹。また共通の特徴として、図中に点線で囲んだように、酸素と水素が隣り合っている部分があります。

今回の実験で取り上げるアルコールのうち、エタノールはお酒の中にも含まれる物質です。注射を打つ前に腕を消毒するのにも使われます。一方、メタノールは日常の中ではあまり見ませんが、エタノールより簡単な構造をしているので、工業的によく使われるアルコールです。

表1 アルコールの性質

	メタノール	エタノール
沸点	65℃	78℃
融点	-97℃	-114℃
密度	0.792 g/cm ³	0.789 g/cm ³
水に対して	よく溶ける	よく溶ける

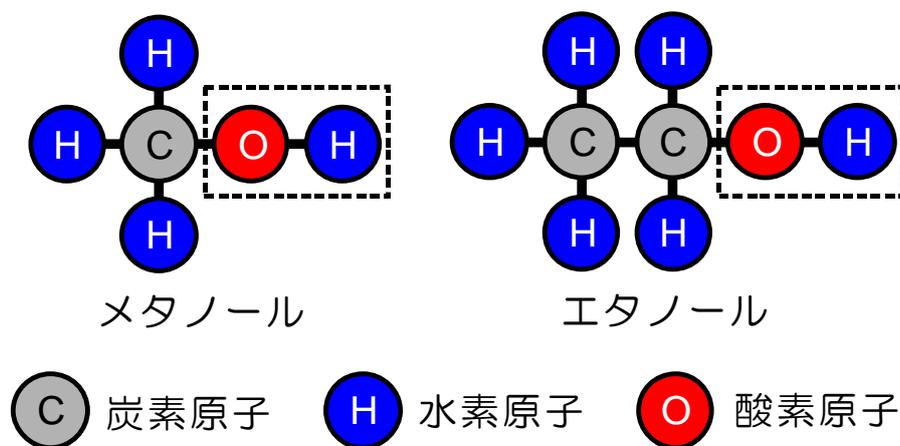


図2 代表的なアルコール



アルコールは、引火性（炎に接しなくても、近くに炎があると燃え移る性質）のある物質です。ガスバーナーを使用するときは、アルコールをガスバーナーから遠ざけること。

¹ このように、主に炭素と水素からできている化合物を有機化合物と言います。

実験 A 酸化銅から酸素を奪う反応

[実験を始める前に]

酸素を奪うアルコール

アルコールは条件を調整すると、他の物質から酸素を奪うことができます。先に紹介した酸化銅は、銅に酸素が化合した物質です。ここでは、アルコールを使って酸化銅から酸素を奪ってみましょう。またアルコールは酸化銅から酸素を奪うことで、自分自身も違う物質に変化します。それも確認してみましょう。

[操作]

A-1 準備

1. 500 mL のビーカーに水道水を約 100 mL 入れる。
2. ガスバーナーに火をつけ、ビーカーの中の水を約 45° C のお湯にする。
 - ビーカーの水を加熱する際には、三脚と金網を使用する。
3. 2 本の試験管 A, B に、駒込ピペットでメタノールを約 1 mL ずつ入れる。
 - 試験管が分からなくなならないように、「A」、「B」と書いたラベルを試験管につけるといい

A-2. 酸化銅との反応

4. 試験管 A を、ビーカーのお湯の中に入れる。
5. 先端をコイル状に巻いてある銅線の先端の部分を、銅線の色が変わるまでガスバーナーで熱する。
 - 熱した銅線に触れて、やけどをしないように注意する。
6. 銅線を試験管 A に入れ、メタノールの液面に近づける。銅線の色が元に戻ったら銅線を試験管の上に出す。すると銅線は再び黒くなる。これを何回か繰り返す(図 3)。

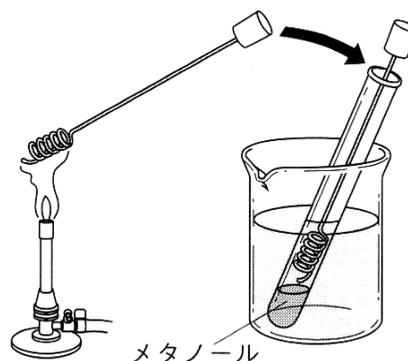


図 3 操作 5, 6

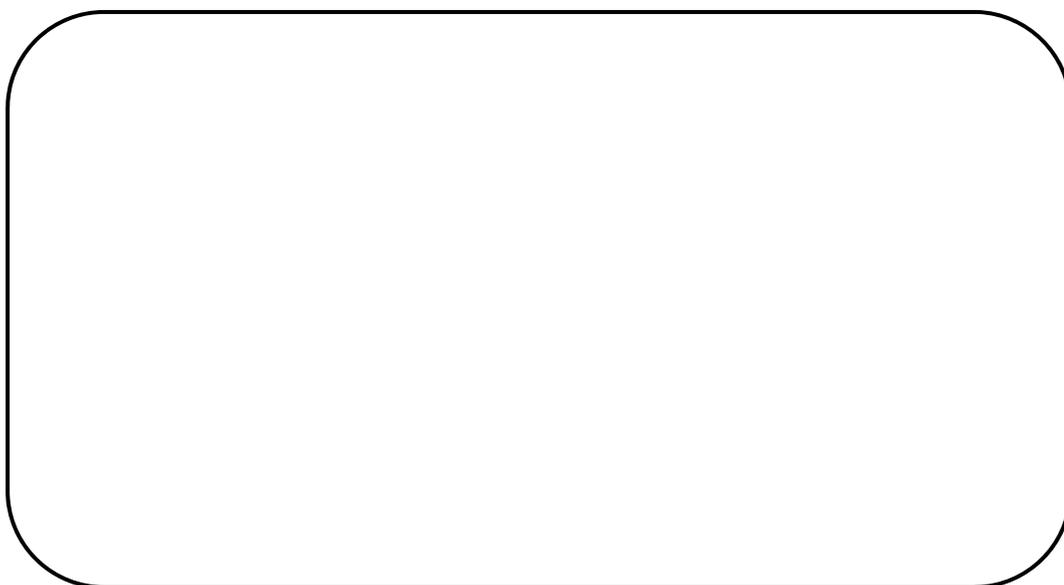
- やけどをするほどではないが、試験管が熱くなるので、注意する。
7. 銅線が変化しなくなったら、再び銅線をガスバーナーで熱して、6.の作業を繰り返す。やがて試験管 A から独特のにおいがしてくるので、そのにおいを観察する。

- 試験管 A から出てくるにおいては、あまり体にいいものではないので、かきすぎないように注意する。

A-3. メタノールが変化したことの確認

6. 試験管 A と試験管 B の両方に、シッフ試薬を 1 滴ずつ入れ、軽く振り、2 本の試験管の色を比較する。

試験管 A と B の色の違いや、においの違い、そのほかに気づいた事を書きましょう



[解説]

シッフ試薬との反応

試験管 A と試験管 B にシッフ試薬を入れると、両者の色は異なります。これはシッフ試薬に対する反応性が試験管 A と B では異なる事を示します。通常、物質が変化すると、その性質も変化するので、試験管 A はアルコールとは異なる物質になったのだと考えることができます。

物質が変化すると色が変わり、見た目だけで変化したことが分かる反応もあります、その一方で今回のアルコールのように、色が変わらないために、見た目では変化したことが分からない反応もあります。その際は、ある試薬に対する反応性の変化や、においの変化など、性質の変化を利用して物質の変化を確認していきます。

また見た目だけで変化が分かる物質でも、においや反応性など、いくつかの性質の変化もあわせて観察することで、物質が変化したことをより確実にとらえることができます。

アルコールの変化（中3向け）

この実験におけるアルコールと酸化銅の反応を、図4にまとめます。アルコールは酸化銅から酸素を奪いますが、その酸素を自分の中に取り込むわけではありません。酸化銅から奪った酸素はアルコールの中の水素と反応して、水（ H_2O ）になり、抜けて行きます。その結果、アルコール（メタノール）はホルムアルデヒドという物質になります。ホルムアルデヒドは塗料や防腐剤などに使われている物質です。

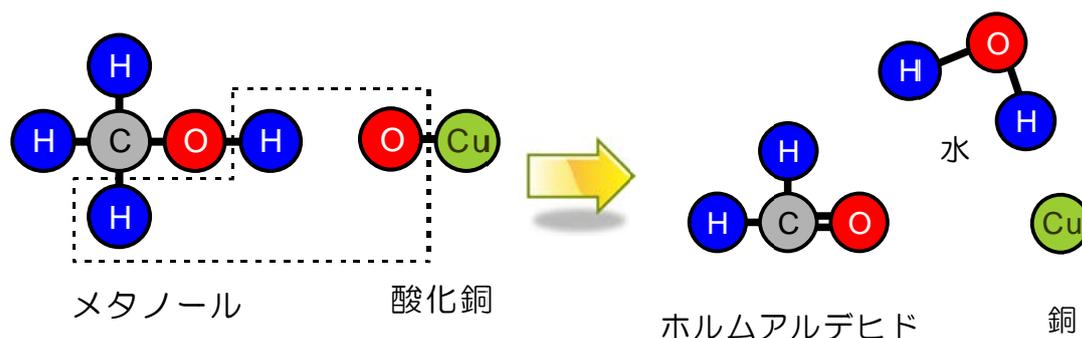


図4 アルコールと酸化銅の反応

実験B アルコールと酢酸の反応（エステル化）

[実験を始める前に]

酢酸（さくさん）との反応

酢酸は、食酢に含まれている酸です。前の実験では、アルコールと酸化銅を反応させました。この実験ではアルコールと酢酸を反応させます。反応させるものが変われば、できる物質も変わります。今回はどのような物質ができるか、実験で確認してみましょう。

[操作]

B-1 準備

- 2本の試験管C、Dに、駒込ピペットでエタノールと酢酸を約2 mLずつ入れ、振り混ぜる。
 - 試験管は上下には振らない。ぐるりと円を描くように回す。

2. 試験管 C に、濃硫酸 0.5 mL を入れ、振り混ぜる。
 - 濃硫酸はドラフトの中に置いてある。濃硫酸を入れる操作は、ドラフトの中でおこなうこと。
3. 実験 1 で使用した、お湯の入っている 500 mL のビーカーを再び加熱して、約 70° C のお湯にする。

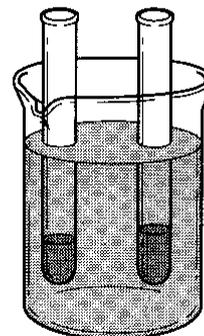


図 5 操作 4

B-2. エタノールと酢酸の反応

4. 試験管 C と D を、ときどき振り混ぜながら、約 70° C のお湯の中に 10 分ほど浸す。においの変化に気をつけて観察する (図 5)。

B-3. エタノールが変化したことの確認

5. 試験管 C と D にそれぞれ、試験管内の溶液と同程度の蒸留水を加え、振り混ぜる。試験管 C と D ではどのような違いが生じるか、観察する。
6. 試験管 C と D に炭酸ナトリウムを少量入れ、においを観察する。
 - 炭酸ナトリウムは、酢酸のにおいを弱める働きがある。

試験管 C と D の違いや、観察したことを書きましょう

[解説]

エタノールと酢酸の反応

エタノールと酢酸を反応させると、酢酸エチルという物質ができます。酢酸エチルは、エステルと呼ばれる物質の一つです。アルコールと有機化合物の酸の組み合わせで、いろいろなエステルができますが、エステルはいずれも独特のよい(?)香りがします。中にはパイナップルやリンゴの香りがするするエステルもあります。

またエステルは水に溶けにくいので、エステルが入っている試験管に水を加えると、2つの溶液が分離する様子が観察できます。元のアルコールは水に溶けやすい物質ですから、このことから物質が変化して性質が変わったことが分かります。

硫酸の役割

酢酸エチルの原料は、エタノールと酢酸です。しかし原料ではない濃硫酸を加えた試験管 C では化学変化(物質の変化)が起きたのに、濃硫酸を入れていない試験管 D では化学変化が起きなかったのはなぜでしょう。

この反応において硫酸は、反応はしないけれど、反応を進める役割をします。このような物質を触媒(しょくばい)と言います。触媒を使うと、効率よく反応をおこなうことができるので、様々な反応で利用されます。

今年のノーベル化学賞は、触媒を開発した化学者が受賞しました。このことから、触媒が世の中で大事な働きをしていることが分かります。

エタノールと酢酸の反応(中3向け)

この実験における反応を図6に示します。実験Aより化合物は少し複雑ですが、間の水が取れるところは、実験Aと同じであると考えられます。

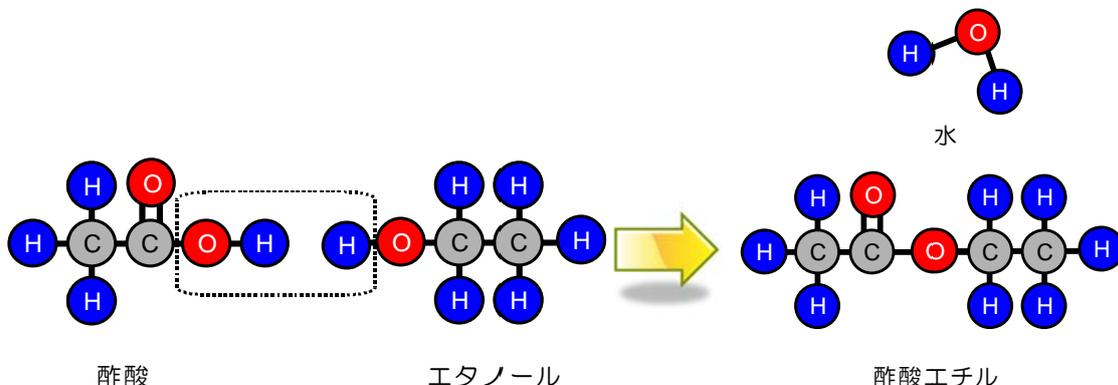


図6 酢酸エチルの合成

実験 C キャンドルの作成 (炎色反応)

[実験を始める前に]

アルコールの燃焼

アルコールは炭素 (C)、水素 (H)、酸素 (O) からできているので、燃焼 (空気中の酸素と反応) して、二酸化炭素 (CO_2) と水 (H_2O) になります。

この実験では、アルコールが燃焼することを利用して、固形燃料タイプのキャンドルを作成します。

炎色反応

ある化合物を炎の中に入れると、図7のように、その化合物に含まれている金属によってさまざまな色の炎がでます。これを炎色反応と言います。この実験では、炎色反応をおこす試薬 (無機塩) を使うことで、色のついた炎が出るキャンドルを作ります。

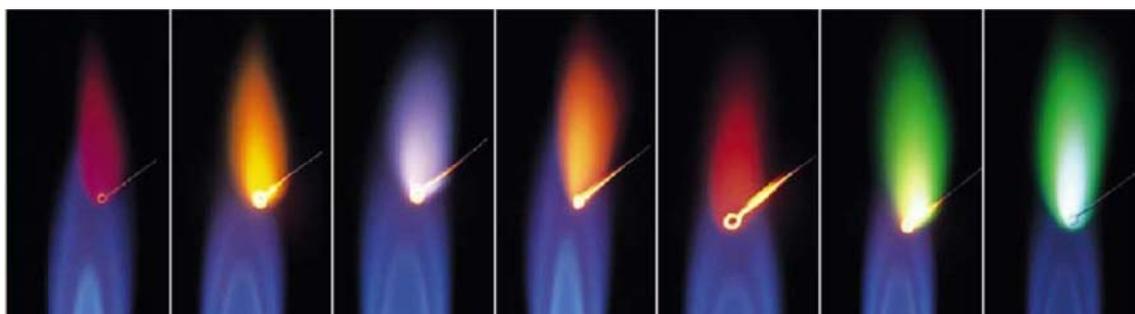


図 7 炎色反応

今回使用する試薬 (無機塩) は次の 6 種類です。誰がどの試薬 (無機塩) を使うか、実験を始める前にまわりの受講生と相談しましょう。

この実験で用いる試薬 (無機塩)

塩化リチウム (LiCl)

塩化ナトリウム (NaCl)

塩化カリウム (KCl)

塩化カルシウム (CaCl_2)

塩化ストロンチウム (SrCl_2)

ホウ酸 (H_3BO_3)

[操作]

C-1 準備

1. 蒸発皿に、実験 B で使用したお湯を移し、ガスバーナーで加熱して 60° C 程度のお湯にする。
2. アルミカップに、メタノール 7.5 mL とステアリン酸 0.75g と、無機塩 0.1 g を入れる
 - ステアリン酸はあらかじめ計りとっているものを使用する。

C-2 キャンドルの作成

3. アルミカップを、蒸発皿のお湯につけ、ステアリン酸と無機塩をメタノールに溶かす。メタノールが沸騰するようなら、アルミカップをお湯から外し、メタノールがなくならないように気をつける。
4. アルミニウムカップの中身が全て溶けたら、アルミニウムカップをお湯から出し、机の上に置いて、冷却させる。

C-3 キャンドルの燃焼

5. 磁性の台の上にアルミニウム箔をひき、その上に作成したキャンドルをおく。作成したキャンドル（固形燃料）にマッチで火をつけ、炎の色を観察する。
 - この燃料は途中で消せない。最後まで燃やし尽くす。どうしても途中で消したい場合は、ぬれたぞうきんで覆う。

[解説]

キャンドル（固形燃料）ができるわけ

この実験は、メタノールとステアリン酸を反応させています。これはアルコールと有機化合物の酸の組み合わせですから、実験 B と同じタイプの化合物（エステル）ができます。ただし、ステアリン酸はサイズが大きいため、できるエステルもかさの大きいエステルになります。その隙間に、過剰に入れておいたメタノールが入り込み、それが燃焼することでキャンドル（固形燃料）になります。

最後に 物質を変化させる化学の世界

今回は 3 つの実験を通して、物質が変化する様子と、それを確かめる方法を学びました。ただし今回紹介した確認方法はほんの一部です。物質が変わるとその性質が変わるので、確認方法も多数あります。その物質にあった方法で、しかもなるべく多くの方法を用いることで、物質の変化をより詳しく理解することができます。

また、新しい性質が何か新しいものに使えないかを探るためにも、作成した物質について様々な性質を測定しておくことも大事です。少し前に世界を驚かした超伝導酸化物も、測定するまでは誰も酸化物が超伝導²を起こすなんて事は考えていませんでした。

もしかすると将来、あなたが世界で初めて作った物質が、とんでもない性質を示して、世の中を変えることだってあるかもしれません。

² 電気抵抗がゼロになる減少。電気が流れる際のロスがなくなるため、電気をためておくことができたり、強力な電磁石を作ったりできます。

★ 日程（第2回 11月13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
写真撮影

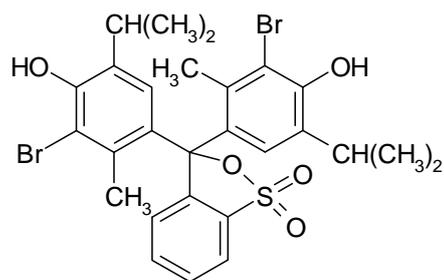
9:45 実験「pHで色が変わる反応」

実験1 BTB溶液の変化
実験2 4種混合溶液の変化

11:45 アンケート記入

11:50 閉講式

閉講のことば
連絡



ブロモチモールブルー (BTB)

pHで色が変わる反応

★光と色

太陽からふりそそぐ太陽光線には、さまざまな長さの波長をもった電磁波（光）が含まれています。電磁波の種類として、X線、紫外線、可視光線、赤外線、マイクロ波、ラジオ波、・・・などがあります。皆さんの目に見える光を可視光線と呼びますが、白色に見える光は、いろいろな色の光が混ざってそのように人間の目には見えます。太陽や蛍光灯から出ている光を、プリズムや CD などによっていろいろな色の光に分けることができます。このことを分光と呼びます。

人間はどのようにして目で色を識別しているのでしょうか。人間は目で光を感じて電気信号が脳へ送られ処理されることによってある色を感じます。詳しい目と脳のしくみはここでは省略します。

次に、皆さんも体験したことのある現象を 2 つ例に挙げて、なぜそのような色に見えるのか考えてみることにしましょう。

① 夕日が赤く見える

太陽は昼間高い位置にいるときは白色に輝いていますが、夕方になると赤く見え始めます。これは、太陽光に含まれている赤色成分以外のいろいろな色の光が我々の目に届く前に、大気中のさまざまな物質とぶつかって散乱してしまい、結局我々の目には届かなくなり、赤色成分のみが目へ届くからです。

② 葉っぱが緑色に見える

たいていの植物の葉っぱは緑色ですが、これは葉っぱにいろいろな色の光が当たり、そのなかで緑色の光が反射されるため緑色に見えます。緑以外の光成分は葉っぱに吸収されます。

★条件によって色が変わる色素

世の中にはさまざまな色素がありますが、置かれている条件が変わることによって、その分子構造が変わり、色が変化するものがあります。例として以下に3つ示します。

① 熱（温度）で色が変わる色素 ～こすると色が消えるボールペン～

“フリクションボール”というボールペンは、一度紙に書いた文字をボールペンの後部についているラバーでこすると、インキが無色になる不思議なボールペンです。これは、ラバーでこすることによって摩擦熱が発生し、この熱によってインキ（色素）が無色になることを利用したものです。この技術を開発した企業は、特許の中で、この色素のことを「可逆熱変色性マイクロカプセル顔料」と呼んでおり、マイクロカプセルの中にさまざまな物質が入っていて、それらがお互いに機能的に作用しあってこのような性質が発現するという事です。

② 光照射で色が変わる色素 ～光増感色素～

たとえば、‘スピロピラン’と呼ばれる物質のように、その溶液に光を照射することによって、その分子構造が変化し、劇的に色が変化するものがあります。このような色素を「光増感色素」と呼びます。本日演示実験で見せる反応は、光（紫外線）照射によって無色から赤色もしくは紫色へと変化します。この色は溶媒の種類によって異なります。この溶液を温めると、今度は色素の構造がもとに戻るため、それぞれの色から再び無色へと変化します。このような反応は、着色→脱色→着色・・・と繰り返して行うことが可能です。

③ pHで色が変わる色素 ～色の付いたスティックのり～

ブルー（水色）の色の付いたスティックのりは、塗っているときは水色で、乾くと無色になります。これは、のりに含まれているpH指示薬によるものです。原理は、以下の通りです。塗っているとき、のりはアルカリ性ですが、時間がたつにつれて空気中の二酸化炭素と反応したり、紙のもつ酸性成分と反応したり、乾燥して水分を失ったりすることによって、のり自体が中性化され無色になります。

本日扱う色素は、pHによって色が変わるものです。水溶液の液性として、酸性、中性、アルカリ性（塩基性）の3つに区分することができます。一般的にpHの値は、0～14までの数値で表されますが、7が中性、それより小さい値を示すと酸性、一方でそれより大きい値を示すとアルカリ性となります。

今日は、2つの実験を通して、見ていて楽しくなる化学反応を実際に体験してみましょう。

実験 1 BTB 溶液の変化

酸性の BTB (ブルモチモールブルー) 溶液に, アルカリ水溶液 (炭酸ナトリウム) を添加していき, その色の変化を観察しましょう。

準備

(用意してある薬品など)

BTB 溶液, 炭酸ナトリウム (Na_2CO_3), pH 試験紙, ペン

(器具)

15 mL 目盛付試験管 10 本, 試験管立て 1 台, ガラス棒 1 本,

5 mL こまごめピペット 1 本, パスツールピペット 1 本, スポイト 大 1 小 1 個

100 mL ビーカー 1 個, 50 mL ビーカー 1 個

1. 炭酸ナトリウム約 1 g を 100 mL ビーカーにはかりとり, 50 mL の目盛まで蒸留水を入れてすべて溶かす。

操作

1. 15 mL 目盛付試験管 10 本を試験管立てに並べ①~⑩まで番号をペンでふる。
2. 中央の実験台から調製済みの BTB 溶液 (0.05 mol/L KH_2PO_4 -10%メタノール水溶液) を 50 mL ビーカーに約 50 mL 取り分ける。こまごめピペットで各試験管にその溶液を 4 mL ずつ入れていく。
3. 準備でつくった炭酸ナトリウム水溶液をパスツールピペットで①~⑩までの試験管にそれぞれ①0 滴, ②2 滴, ③4 滴, ④6 滴, ⑤8 滴, ⑥10 滴, ⑦15 滴, ⑧20 滴, ⑨25 滴, ⑩30 滴, それぞれ入れていく。

※ 溶液を滴下するときは, なるべくパスツールピペットを机に対して垂直にしながらいれると一定量の液滴が滴下できる

4. 蒸留水で 10 mL の線まで入れて色を観察する。
5. 溶液①および⑩について, それぞれガラス棒に溶液をつけて, それを pH 試験紙につけてみて溶液の pH を見てみる。

実験 2 4 種混合溶液の変化

pH でいろいろな色に変化する 4 種類の色素（チモールブルー、メチルレッド、プロモチモールブルー、フェノールフタレイン）が混ざった溶液があります。この溶液（アルカリ性）に、ドライアイスを入れた場合、どのように色が変化するでしょうか。また、溶液の pH はどうなるでしょうか。さらに、加熱した場合はどうなるでしょうか。

準備

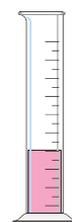
（用意してある薬品など）

4 種混合溶液，アンモニア水（3 mol/L），ドライアイス，pH 試験紙，軍手
（器具）

100 mL メスシリンダー 1 本，試験管立て 1 台，ガラス棒 1 本，三脚 1 台，
金網 1 枚，5 mL こまごめピペット 1 本，2 mL こまごめピペット 1 本，
スポイト大 1 小 1 個，500 mL ビーカー 1 個

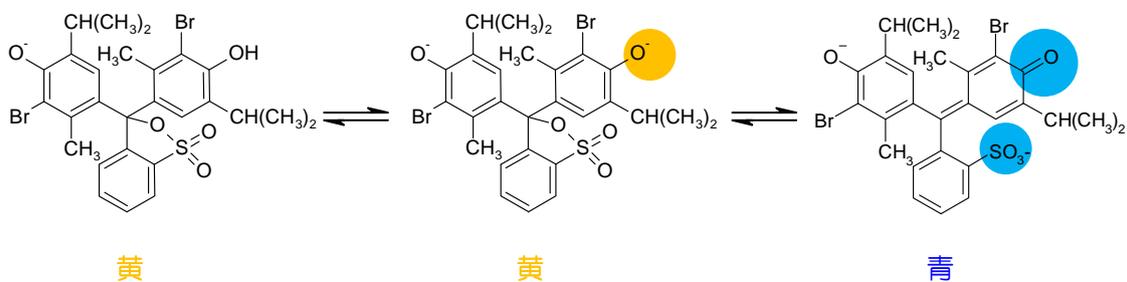
操作

1. 100 mL メスシリンダーに，こまごめピペットで 4 種混合溶液を 4 mL 入れる。
2. さらに，アンモニア水をこまごめピペットで 1 mL 入れる。
3. 蒸留水を入れて全量を 70 mL にする。
→ 溶液の色は何色か？ pH は？
4. ドライアイス（破片 2～3 個）をメスシリンダーに入れ，溶液の色を観察する。
→ 溶液の色は何色に変化するか？ 反応後の pH は？
5. 500 mL ビーカーに半分程度水道水を入れ，ガスバーナーで沸騰させておく。
6. メスシリンダーの溶液が橙色に変化した後，約 2～3 mL を目盛付試験管に移す。
7. 沸騰水浴に目盛付試験管を浸し，ときどき振り混ぜながら溶液の色を観察する。
→ 溶液の色は何色に変化するか？

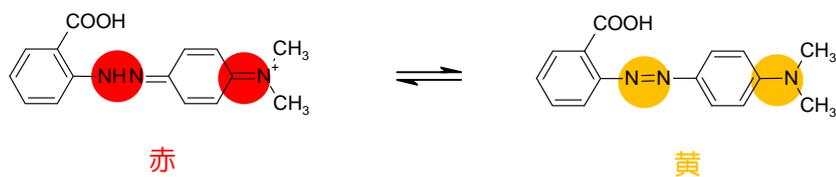


原理

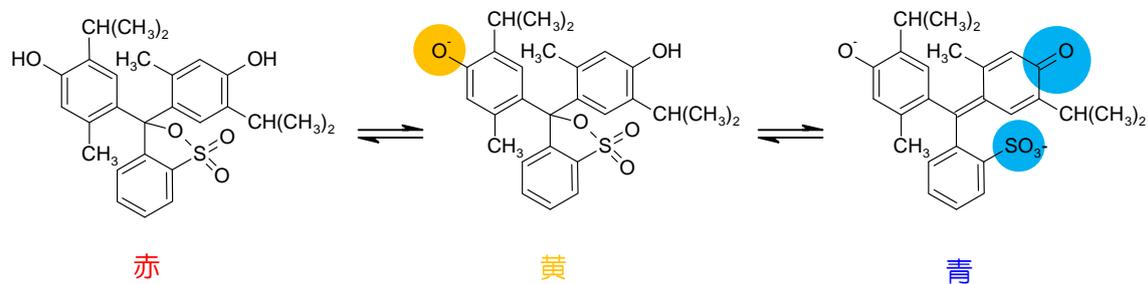
ブロモチモールブルー (BTB) の変色原理



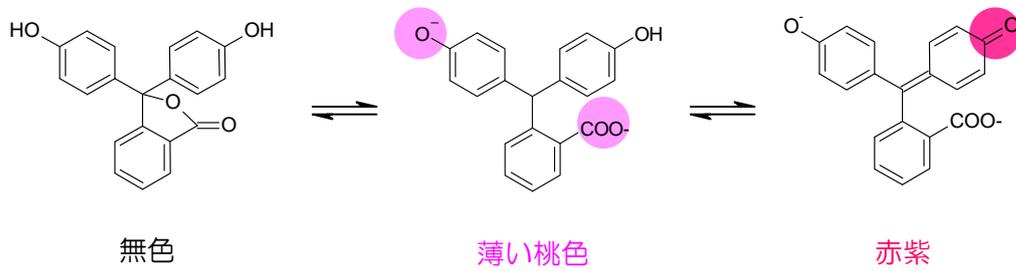
メチルレッドの変色原理



チモールブルーの変色原理



フェノールフタレインの変色原理



(参考文献)

実験 1

日本化学会 編, “楽しい化学の実験室”, pp. 22-27, 東京化学同人(1993).

実験 2

新津隆士, *現代化学*, 2007(7), 27.

★ 日程（第3回 12月18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「高分子をつくってみよう」
実験1 発泡ポリウレタンをつくる
実験2 ビニロンをつくる
実験3 プラスチックキーホルダーをつくる

11：45

アンケート記入

11：50

閉講式
閉講のことば
連絡

高分子をつくってみよう

はじめに

みなさんは「高分子」という名前を聞いたことがありますか？それでは、プラスチックという名前は聞いたことがありますか？きっとあると思います。プラスチックは高分子が集まってできた材料のことです。プラスチックの他にも、ゴム、衣類などの繊維も高分子が集まってできた材料なのです。そうすると、私達の身の回りは高分子であふれていることが分かります。それでは、高分子とは一体どのような物質なのでしょうか。



プラスチック



ゴム

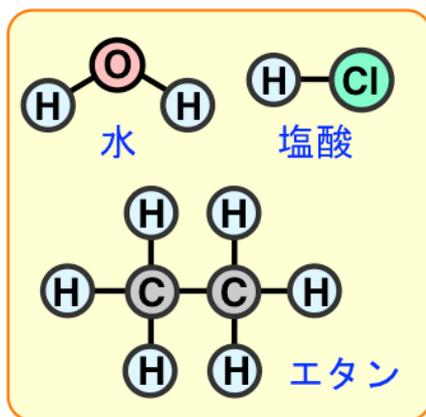


繊維

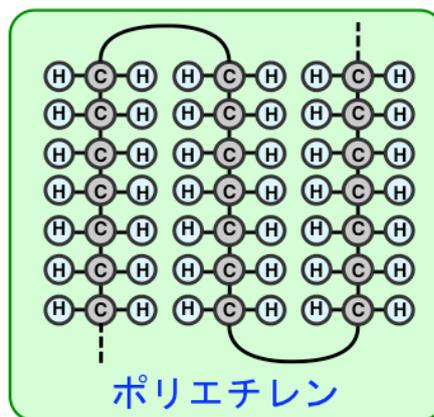
→ これらの材料は「高分子」が集まってできている。

● 高分子とは

高分子とは巨大な物質のことです。それに対して、水、塩酸、エタンなどは低分子と呼ばれる物質です。高分子がどれくらい巨大かという、水1分子の重さを18とすると、高分子1分子の重さは10,000となります。高分子のイメージは「鎖、ひも」です。プラスチック、ゴム、繊維は高分子の鎖がたくさん集まってできているのです。



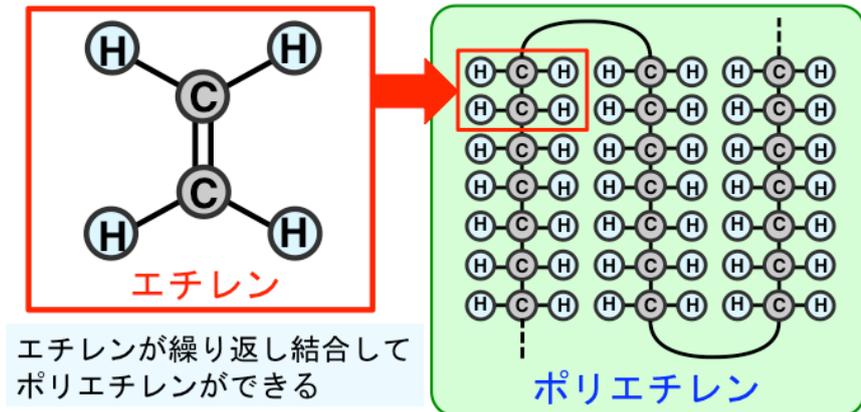
低分子



高分子

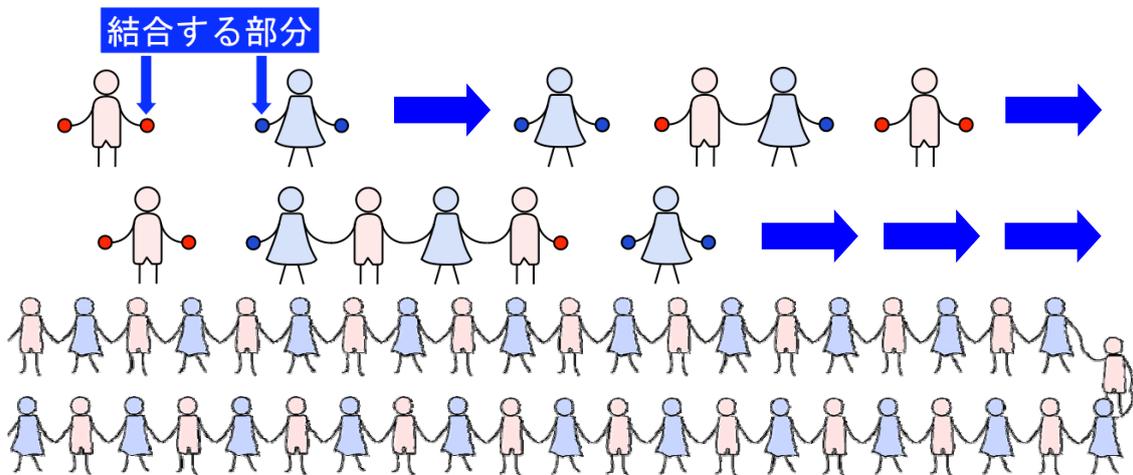
● 高分子はどのようにつくられるか

低分子が繰り返し多数結合すると、高分子が得られます。例えば、丈夫で透明なゴミ袋は「ポリエチレン」という高分子からできています(例外もあります)。このポリエチレンは、低分子のエチレンを繰り返し結合させてつくります。ちなみに、高分子材料のことを英語でポリマー、エチレンのように高分子の原料となる物質をモノマーと呼びます。



エチレン(モノマー)とポリエチレン(ポリマー)

高分子のつくり方には、2種類のモノマーを混ぜて交互に繰り返し結合させる方法もあります。1つのモノマーに2カ所結合できる部分があれば、モノマーが2つ結合してできた物質の両端には、他のモノマーと結合できる部分が残ります。そこへ他のモノマーが結合しても、やはりモノマーが4つ結合した物質の両端には、他のモノマーと結合できる部分が残ります。そこへさらにモノマーが結合して・・・、と両端にどんどんモノマーが結合し、高分子がつくられます。



高分子のつくり方

実験 1 発泡ポリウレタンをつくる

高分子は低分子同士が繰り返し多数結合した巨大な物質です。ここでは、2 種類の低分子を反応させて「ポリウレタン」という高分子をつくります。ポリウレタンが生成する様子も観察しましょう。

準備

(薬品)

低分子 A(ジオール系), 低分子 B(ジイソシアナート系)

(器具)

150 mL ポリカップ, 50 mL 計量ポリカップ, ガラス棒

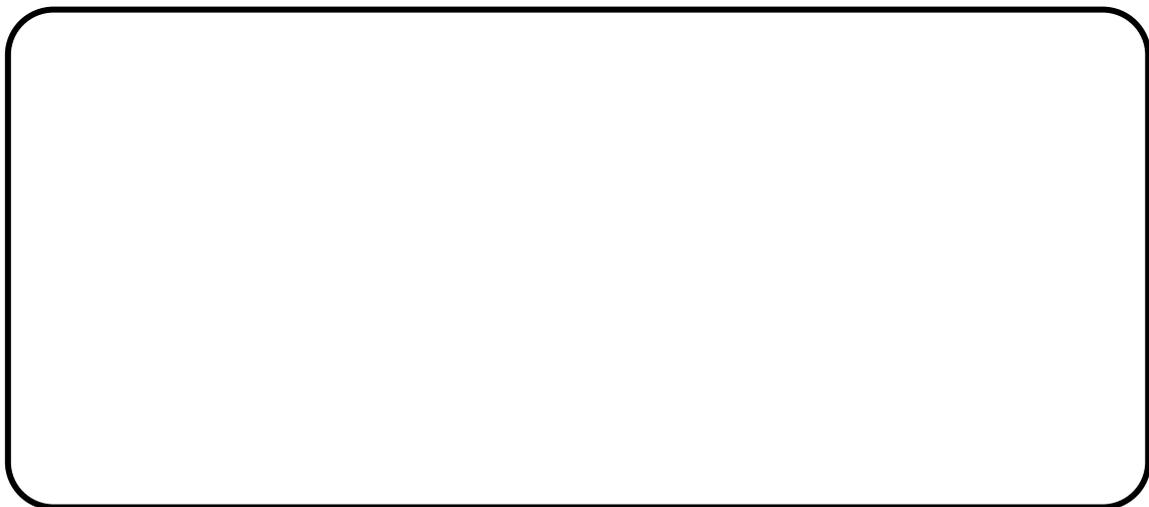
操作

※ 新聞紙を敷いた実験台で実験します。

1. 低分子 A を計量カップで 20 mL はかりとり, ポリカップに入れる。
2. 低分子 B を計量カップで 20 mL はかりとり, ポリカップに入れる。
3. ガラス棒で低分子 A と低分子 B が均一になるように混ぜる(1 分程度)。
4. 混ぜるのを止め, 反応を観察する。

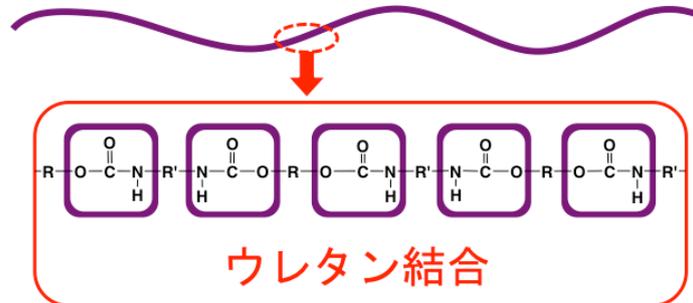
結果

低分子 A と低分子 B を混ぜてしばらくすると, 何がおこりましたか? 観察で気づいたことをメモしましょう。



解説

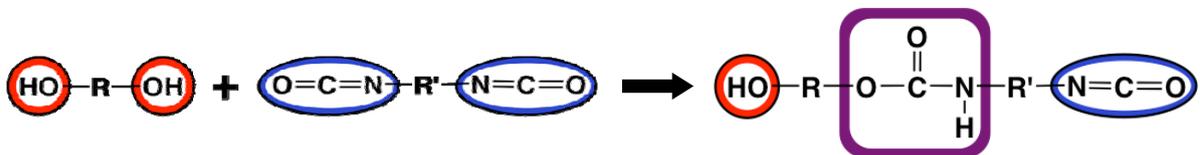
ポリウレタンとは「ウレタン結合」という部分をたくさんもった高分子のことです。



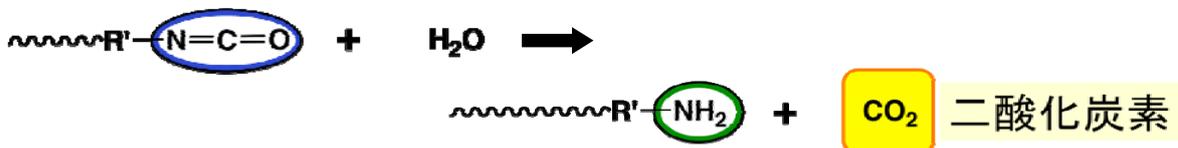
ポリウレタンは様々なところで活躍しています。中でも、ポリウレタン材料の内部に空気を含んだ「発泡ポリウレタン」は私達を暑さや寒さから守ってくれる建物の断熱材、ソファやベッドなどのクッション材、スポンジなどに使われています。今回の実験では 2 種類の物質を反応させて発泡ポリウレタンを作りました。どのように発泡ポリウレタンができたのでしょうか。

● 「泡」と「ポリウレタン」は同時につくられる

2 種類の物質が交互に繰り返し結合してポリウレタンをつくります。



一方、2 種類の物質の片方(低分子 B)は水と反応して二酸化炭素(=「泡」)を発生する性質をもっています。



この他にも水と反応した低分子 B はポリウレタン同士を結合する反応(架橋, かきょう)を起こします。このような 3 種類の反応を同時におこすことで、二酸化炭素をたくさん含んだポリウレタン「発泡ポリウレタン」が作られます。

実験 2 ビニロンをつくる

ビニロンは日本で開発された合成繊維です。高分子であるポリビニルアルコールを化学変化させることでビニロンをつくります。このときの反応の様子や生成物を観察しましょう。

準備

(薬品)

ポリビニルアルコール水溶液(合成洗濯のり), 塩酸($6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$)

ホルムアルデヒド水溶液(35%),

(器具)

試験管, 300 mL ビーカー, 3 mL こまごめピペット 2 本,

50 mL メスシリンダー, ガラス棒, サランラップ, 輪ゴム,

さじ, 三脚, 金網, 軍手

操作

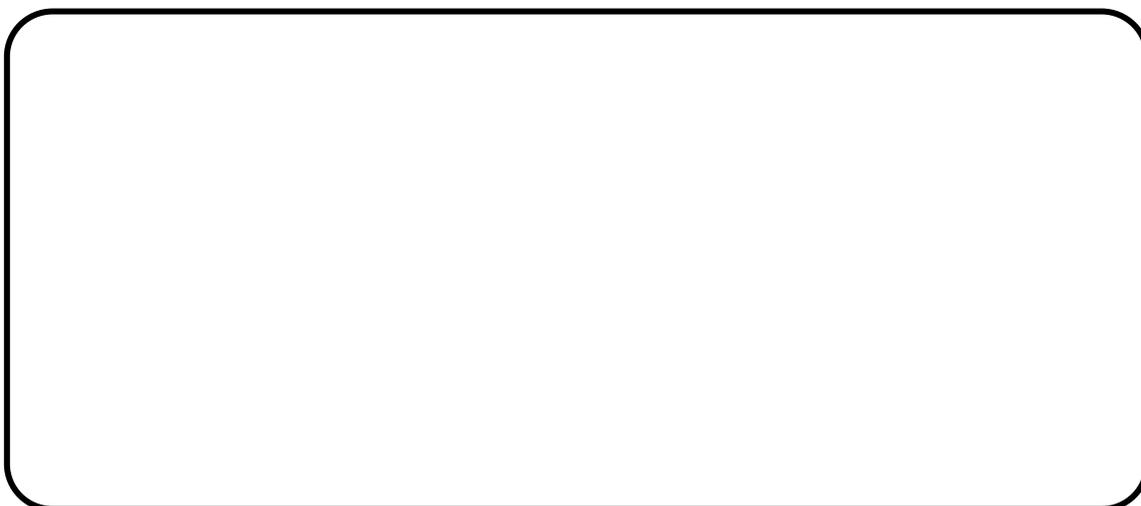
※ホルムアルデヒドは刺激の強い物質です。危険ですので、吸い込まないようにしましょう。

※実験後はしっかりと手を洗いましょう。

1. 水をビーカーに約 100 mL 入れ, 湯を沸かしておく。
2. ポリビニルアルコール水溶液をメスシリンダーで 15 mL はかりとり, 試験管にいれる。
3. 塩酸をこまごめピペットで 1 mL 加える。
4. ホルムアルデヒド水溶液をこまごめピペットで 2 mL 加える。(ドラフト内で行う)
5. ガラス棒をつかって混ぜる。
6. 二枚重ねにしたサランラップと輪ゴムをつかって試験管にしっかりとフタをする。
7. 試験管をあらかじめ沸かしておいたビーカーの湯煎に入れて加熱し, 反応を開始する。この時の様子を観察する。(生じた物体の側面が試験管からはがれるまで)
8. 反応が終了したら, さじなどで生成物を取り出し, 大量の水で洗浄する。

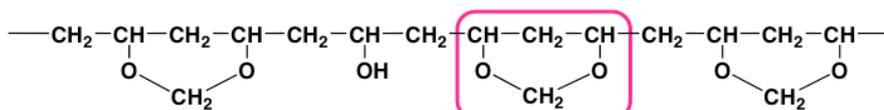
結果

ポリビニルアルコールの入った反応液を加熱すると、何がおこりましたか？また、反応後はどのようなものが得られましたか？



解説

ビニロンとは「アセタール」という部分をたくさんもった高分子のことです。



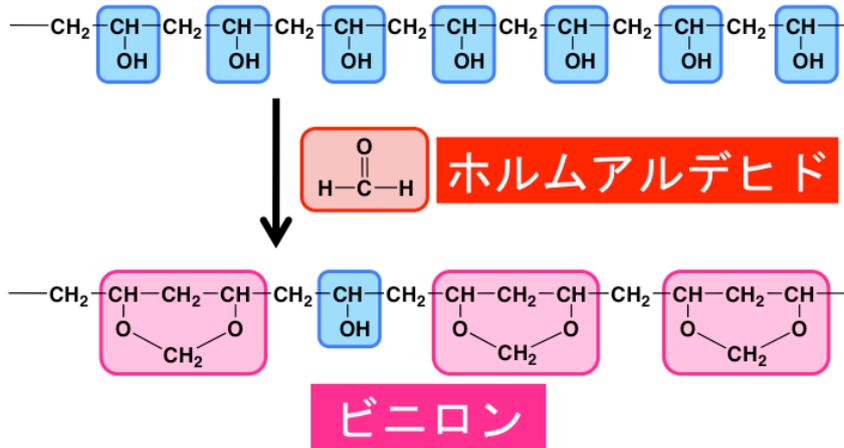
アセタール

ビニロンは燃えにくく摩擦に強いなどの性質をもつため、衣料、漁網、ロープなどに使われています。今回の実験では市販の合成洗濯のりを原料にしてビニロンをつくりました。どのような反応でビニロンができたのでしょうか。

● ビニロンはポリビニルアルコールという高分子を化学変化してつくられる

原料につかった合成洗濯のりは「水」と「ポリビニルアルコール」という高分子からできています。ポリビニルアルコールは「水酸基」という部分をたくさんもっています。この部分は水(H₂O)と似た構造をもつため、水に良く溶けます。ポリビニルアルコールにホルムアルデヒドという物質を反応させると、水酸基がアセタールという部分に化学変化し、ビニロンができます。

ポリビニルアルコール(合成洗濯のり)



ポリビニルアルコールよりもビニロンの水酸基の数は少なくなります。また、場合によってはポリビニルアルコール同士を結合する反応(架橋)が起こります。そのため、水に溶ける要素を失ったビニロンは水に溶けません。今回の実験で、透明の反応液を加熱すると白くなり最終的には固体が得られた理由は、水に溶けていたポリビニルアルコールから水に溶けないビニロンに化学変化したからだと考えられます。

実験 3 プラスチックキーホルダーをつくる

熱可塑性(ねつかそせい)プラスチックは加熱すると柔らかくなって液体のように自由に変形し、冷やすと硬くなります。この性質を利用して、熱可塑性プラスチックであるポリカプロラクタムを加熱し、溶かして型に流し込みます。今回は、加熱時にりん光物質を混ぜ込み、暗所で光るキーホルダーをつくります。

準備

(薬品)

ポリカプロラクタム(生分解性プラスチック), りん光物質

(器具)

150 mL ポリカップ, 300 mL ビーカー, プラスチック製さじ, シリコン型, キーホルダー用の金具, 三脚, 金網, 軍手

操作

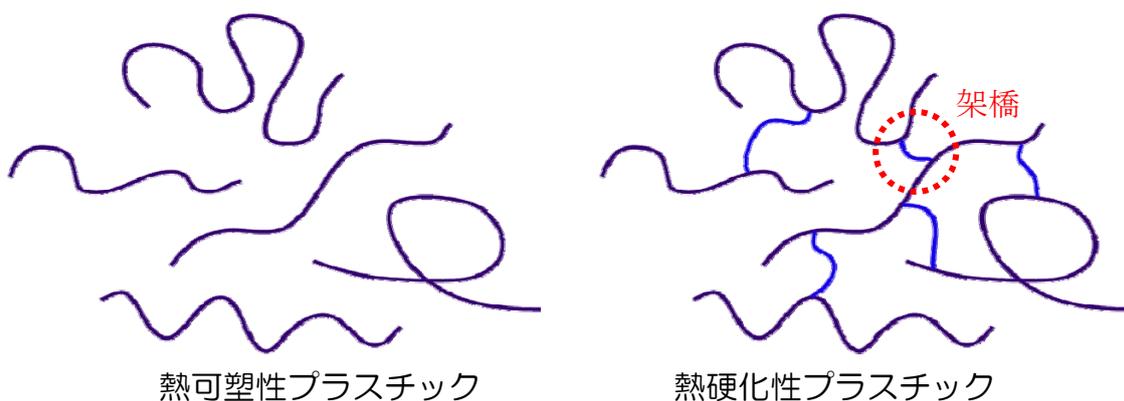
1. 水をビーカーに約 200 mL 入れ, 湯を沸かしておく。
2. ポリカプロラクタムをポリカップに約 9 g はかりとる。
3. りん光物質を薬包紙に約 2.4 g はかりとっておく。
4. ポリカプロラクタムが入ったポリカップを, あらかじめ沸かしておいたビーカーの湯煎に入れて加熱する。(3-5分)
5. ポリカプロラクタムが溶解したら湯煎から取り出し, りん光物質を加えてプラスチック製さじでよく混ぜる。
6. 再度, 湯煎に戻して加熱する。
7. シリコン型に流し込み, 放熱する。
8. シリコン型から抜き出し, キーホルダー用の金具を熱して取り付ける。

解説

私達がよく耳にする「プラスチック」は人工の高分子が集まってできた材料のことです。ペットボトル, スーパーのポリ袋, ストロー, 電源プラグなど, 様々な種類のプラスチックがありますが, これらのプラスチックはその性質で 2 種類に分類されます。一つは, 熱可塑性(ねつかそせい)プラスチック, もう一つは熱硬化性(ねつこうかせい)プラスチックです。

● 熱可塑性プラスチックと熱硬化性プラスチックとは

簡単に言うと、熱可塑性プラスチックは加熱すると柔らかくなり、自由に形を変形することができ、冷却すると再び硬くなります。それに対して、熱硬化性プラスチックは加熱しても柔らかくなりません。ペットボトル、スーパーのポリ袋、ストローは熱可塑性プラスチック、電源プラグは熱硬化性プラスチックに分類されます。なぜ、そのような違いがでてくるのでしょうか？答えは「高分子同士の結合(架橋, かきょう)の有無」です。



加熱すると自由に変形する熱可塑性プラスチックは、高分子同士が結合(架橋)していません。従って、熱可塑性プラスチックの高分子は互いに自由にすり抜けることができます。それに対して、加熱しても変形しない熱硬化性プラスチックは、高分子同士が結合(架橋)しています。従って、熱硬化性プラスチックの高分子はその位置から動けないので、自由にすり抜ける、すなわち、変形することができません。

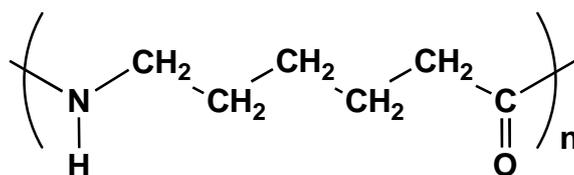
これらの性質を利用し、例えば、ペットボトルなど熱可塑性プラスチックは加熱して溶解し、別の製品へのリサイクルが可能です。電源プラグなど耐熱性が求められる部分には、熱に強い熱硬化性プラスチックが使われています。

● 生分解性プラスチック

プラスチックは加工しやすい、軽い、軟らかいのに強度があるなどのすぐれた性質をもつため、おどろくほど様々なところで使われています。便利な材料ですが、その裏側で再利用ができないプラスチックの廃棄が問題となっています。プラスチックを焼却処理すると、温室効果ガスとされる二酸化炭素を発生するため、地球温暖化につながります。

また、プラスチックを埋め立てる場合も、埋め立て場の限界など問題がでてきます。そこで、焼却や埋め立てでもなく使用済みプラスチックを処理する方法として、バクテリアが分解できるようなプラスチックの開発が行われてきました。

今回の実験で使ったポリカプロラクタムは「アミド結合」という部分をたくさんもった高分子です。バクテリアが分解できるかどうかは、高分子の構造で決まります。



ポリ-ε-カプロラクタム

参考文献

- ・ 井上祥平 著 “はじめての高分子化学” 化学同人 (2006)
- ・ 化学教育研究会 編 ” 授業に役立つ化学実験のくふう” 大日本図書 (1992)
- ・ 岡崎勉 著 “長残光蛍光体を用いた教材の開発” 高校理科 42 号, p18-21 (2002)