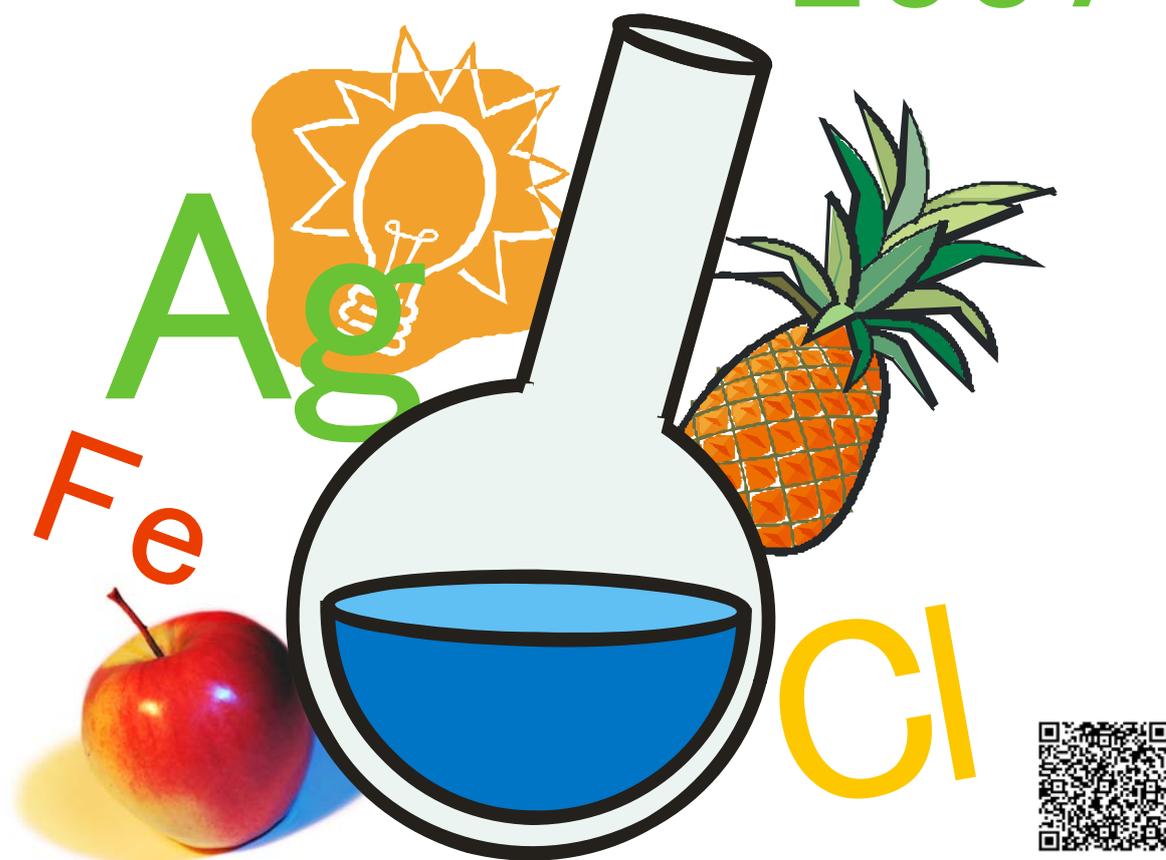


中学生のための

化学実験講座

2007



化学の世界に出かけよう！

主催 沼津工業高等専門学校 物質工学科・日本化学会 東海支部

日時 2007年10月6日(土), 11月3日(土), 12月15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

古川一実（ふるかわ かずみ） 専門：植物育種学

メール furukawa@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

鈴木猛（すすき 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）

4年生 6名

3年生 6名

2年生 1名

1年生 1名

★ 日程（10月6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「食物の中の酵素の働きについての実験」

実験1「[タンパク質を分解する酵素の実験](#)」
実験2「[食品を茶色にする酵素の実験](#)」

12：45 アンケート記入

12：50 閉講式

閉講のことば
連絡

★ 日程（11月3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「元素を見つけ出そう」
実験1「金属と試薬の反応」
実験2「ビデオテープとアラザンから鉄と銀を探そう」
実験3「プラスチックから塩素を探そう」
- 11:45 アンケート記入
- 11:50 閉講式
閉講のことば
連絡
- 12:00 解散

★ 日程（12月15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「化学と色」
実験1「蛍光物質を合成しよう」
実験2「ムラサキキャベツ色素で酸・アルカリを調べよう」
お楽しみおみやげ「光合成で色が変化する置物」
- 11:45 アンケート記入
- 11:50 閉講式
修了証書授与
閉講のことば
連絡
- 12:00 解散
学内案内（希望者のみ）

—食物の中の^{こうそ}酵素の作用についての実験—

「酵素」という言葉を聞いたことがありますか？

「酵素」とは、生物の体の中で働く物質です。

体に必要な物質をつくったり（合成）したり、分解したり、いろいろな働きをする物質です。

今日は酵素について

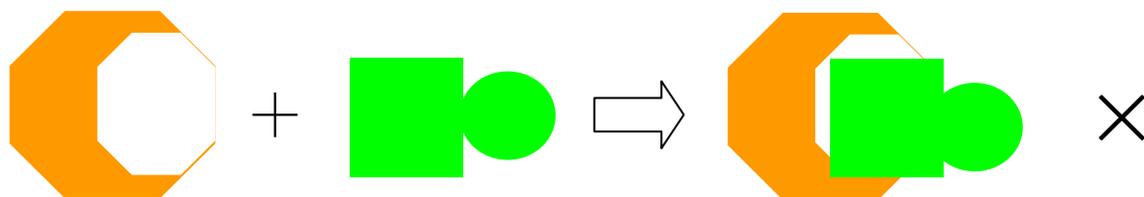
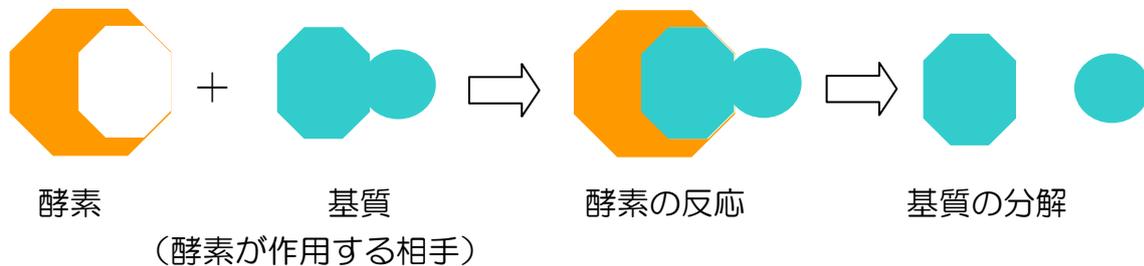
- ・ タンパク質を分解する酵素
 - ・ 食べ物の色を茶色に変化させる酵素
- という二つの実験をしていきます。

そのまえに、酵素の性質について学習しましょう。

酵素の性質①： 作用する相手は決まっている。 （基質特異性）

酵素は何にでも働くわけではありません。

酵素は作用する相手（基質）がきまっています。

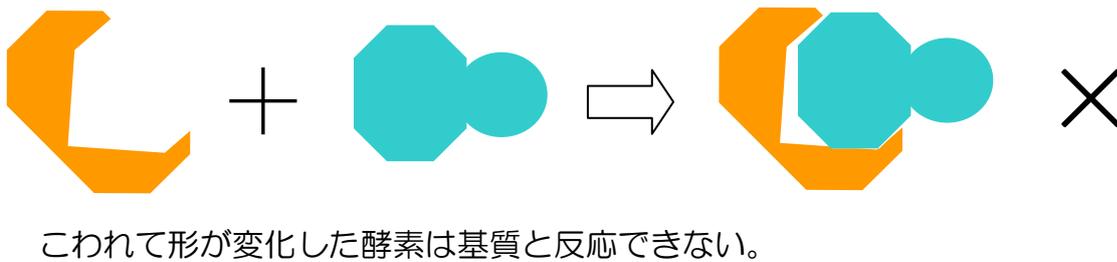
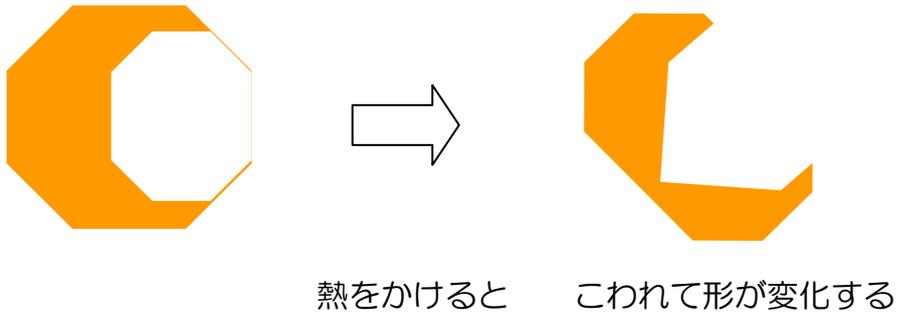


酵素と形がぴったり当てはまる基質でないと、酵素は働くことができません。

酵素の性質②：熱で壊れる。(変性)

酵素は加熱などで壊すことができます。

加熱すると、酵素の形が変形し、基質とくっつくことができません。
ようするに、作用することができなくなります。



実験① タンパク質を分解する酵素の実験

<はじめに>

みなさんはゼリーや寒天に果物が入ったデザートは好きですか？
ゼリーや寒天は同じように見えますが、成分は違います。
また、ゼリーや寒天に入っている果物には秘密があるのです。
果物の中の酵素の作用を観察することで、その秘密にせまってみましょう。

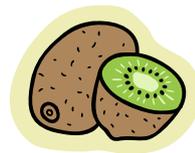
☆ ゼリーの成分は「ゼラチン」といい、「タンパク質」でできています。



★ 寒天の成分は「アガロース」といい、「糖」でできています。



☆ 南国のフルーツには「プロテアーゼ」というタンパク質を分解する性質の酵素がふくまれています。



これらの性質をつかって、酵素の働きを見てみましょう。

<実験の方法>

- ① 6本の試験管にマジックでそれぞれ「あ」「い」「う」「ア」「イ」「ウ」と書く。
- ② 「あ」「い」「う」 にゼラチン溶液を10ml ずつ入れる。
- ③ 「ア」「イ」「ウ」 に寒天溶液を10ml ずつ入れる。
- ④ 表にしたがって果汁などを各試験管に入れ、よく混ぜる。
- ⑤ 冷やす。（クラッシュアイス）
- ⑥ かたまっただかどうか見てみましょう。

<試験管の中身>

	5%ゼラチンを入れた試験管			2%寒天を入れた試験管		
	あ	い	う	ア	イ	ウ
	水	生果汁	加熱果汁	水	生果汁	加熱果汁
5%ゼラチン	10(ml)	10	10	-	-	-
2%寒天	-	-	-	10	10	10
水	10	-	-	10	-	-
生果汁	-	10	-	-	10	-
加熱果汁	-	-	10	-	-	10

<観察結果> 試験管の中身はどうになりましたか？

くだものの名前:

	5%ゼラチンを入れた試験管			2%寒天を入れた試験管		
	あ	い	う	ア	イ	ウ
	水	生果汁	加熱果汁	水	生果汁	加熱果汁
どうなったか						

くだものの名前:

	5%ゼラチンを入れた試験管			2%寒天を入れた試験管		
	あ	い	う	ア	イ	ウ
	水	生果汁	加熱果汁	水	生果汁	加熱果汁
どうなったか						

<考え> どうしてこのようになったのか考えて見ましょう。

くだものの名前:						
	5%ゼラチンを入れた試験管			2%寒天を入れた試験管		
	あ	い	う	ア	イ	ウ
	水	生果汁	加熱果汁	水	生果汁	加熱果汁
なぜそうなったのか?						

くだものの名前:						
	5%ゼラチンを入れた試験管			2%寒天を入れた試験管		
	あ	い	う	ア	イ	ウ
	水	生果汁	加熱果汁	水	生果汁	加熱果汁
なぜそうなったのか?						

<発展>

今回の実験で、「水」をいれた試験管を作ったのはなぜでしょう？（答えは下）

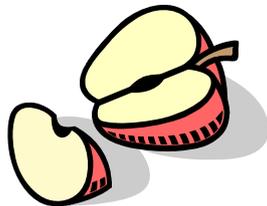
パイナップルを入れたデザートを作るためには、どうしたらよいと思いますか？
他のフルーツでもためてみましょう。

水という「酵素が無い場合」には必ず固まるという基準を作っておくためです。

実験② 食品を茶色にする酵素の実験

<はじめに>

りんごの皮をむいて、しばらくおくと茶色になることを見たことはありませんか？



茶色になっても味は変わりませんが、茶色になることを防いだほうがおいしそうに見えますね。

じつは、りんごが茶色になることにも「酵素」が働いています。

茶色に変化することを「褐変（かっぺん）」といいます。

とくに、酵素の作用により褐変することを「酵素的褐変」といいます。

余談ですが、すき焼きが茶色になることや、トーストが茶色になることには酵素は関係ありません。これを「非酵素的褐変」といいます。

どうしてりんごは茶色くなるの？

☆ 食物（今日の場合はりんご）のなかには、「**ポリフェノール類**」と呼ばれる物質がたくさんあります。

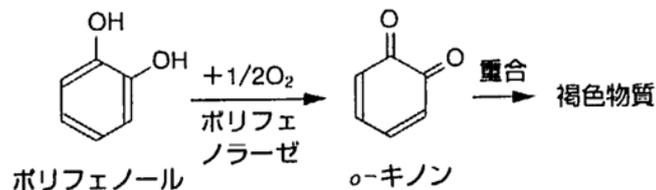
★ また、「**ポリフェノールオキシダーゼ**」と呼ばれる酵素をもっています。

☆ 空気にふれると、空気中の酸素によりポリフェノールオキシダーゼが働くようになります。

☆ ポリフェノールオキシダーゼはポリフェノールをキノンという物質に変化させます。

★ このキノンがたくさん集まると褐色の物質となります。

☆ 人の目には茶色くなったように見えます。



★ このポリフェノールオキシダーゼは「酸化」という作用を起こす酵素です。

☆ 「酸化」は「還元」という化学反応により、元に戻ります。

<考察>

それぞれの試薬には、どのような作用があるか、考えてみましょう。

加熱や冷却にはどのような作用があるか、考えてみましょう。

<参考>

いろいろな食品が「ポリフェノール類」を持っています。

ポリフェノール類には、
フェノール類
カテコール類
ピロガロール類

と他にもたくさんの種類があります。

下に示すように、身近な食品にさまざまな種類のポリフェノールがあります。

ジャガイモは「チロシン」

りんごやサツマイモは「クロロゲン酸」

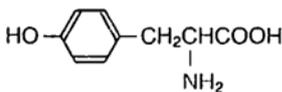
お茶は「カテキン」や「ガロカテキン」

これらは、りんごと同様に、空気に触れると茶色になります。

これもポリフェノールオキシダーゼの作用です。

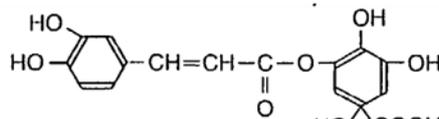
ペットボトルのお茶は、茶色になることを防止するためにビタミンC（還元剤）を一緒にいれてあります。

フェノール類



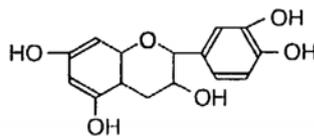
チロシン
(じゃがいも)

カテコール類

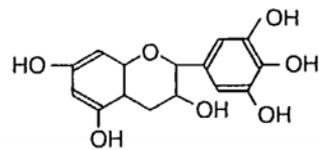


クロロゲン酸
(りんご, さつまいも)

ピロガロール類



カテキン
(茶)



ガロカテキン
(茶)

元素を見つけ出そう！

はじめに

下に示した表を見たことはありますか。この表は「周期表」と言い、全ての**元素**をある順番に並べたものです¹。「酸素」や「カルシウム」、「鉄」などなじみの深いものがある一方で、聞いたことのない名前の元素もあるでしょう。私たちの身のまわりには多くの物質がありますが、全ての物質はここにあげた元素、もしくは元素の組み合わせからできています。

これらの元素は全て、その元素特有の性質を持っており、私たち人類はその性質に応じて、ある時は元素のまま利用し、ある時は元素を組み合わせで新しい物質を創ることで、さまざまな物質を利用してきました²。

今回は、百数個ある元素の中からなじみ深い元素 4 つを選び、その性質の違いを学びます。そしてその知識を利用して、私たちの身のまわりにどのような元素があるのか調べてみます。

1 H 水素																	2 He ヘリウム
3 Li リチウム	4 Be ベリリウム											5 B ホウ素	6 C 炭素	7 N 窒素	8 O 酸素	9 F フッ素	10 Ne ネオン
11 Na ナトリウム	12 Mg マグネシウム											13 Al アルミニウム	14 Si ケイ素	15 P リン	16 S 硫黄	17 Cl 塩素	18 Ar アルゴン
19 K カリウム	20 Ca カルシウム	21 Sc スカンジウム	22 Ti チタン	23 V バナジウム	24 Cr クロム	25 Mn マンガン	26 Fe 鉄	27 Co コバルト	28 Ni ニッケル	29 Cu 銅	30 Zn 亜鉛	31 Ga ガリウム	32 Ge ケルマノウム	33 As ヒ素	34 Se セレン	35 Br 臭素	36 Kr クリプトン
37 Rb ルビウム	38 Sr ストロンチウム	39 Y イットリウム	40 Zr ジルコニウム	41 Nb ニオブ	42 Mo モリブデン	43 Tc テクネチウム	44 Ru ルテチウム	45 Rh ロジウム	46 Pd パラジウム	47 Ag 銀	48 Cd カドミウム	49 In インジウム	50 Sn スズ	51 Sb アンチモン	52 Te テルル	53 I ヨウ素	54 Xe キセノン
55 Cs セシウム	56 Ba バリウム	57 La ランタン	58 Ce セリウム	59 Pr プラセオジム	60 Nd ネオジム	61 Pm プロメチウム	62 Sm サマリウム	63 Eu ユークリウム	64 Gd ガドリニウム	65 Tb テルビウム	66 Dy ジスマン	67 Ho ホリウム	68 Er エルビウム	69 Tm ツリウム	70 Yb イットリウム	71 Lu ルテチウム	
87 Fr フランシウム	88 Ra ラジウム	89 Ac アクチン															
			90 Th トリウム	91 Pa プロトアクチニウム	92 U ウラン	93 Np ネプツニウム	94 Pu プルトニウム	95 Am アメリシウム	96 Cm キュリウム	97 Bk バークリウム	98 Cf カリホルニウム	99 Es アインシュタインニウム	100 Fm フェルミウム	101 Md メテリウム	102 No ノボリウム	103 Lr ローレンシウム	
			104 Rf ラザフォードニウム	105 Db ドブニウム	106 Sg シーボーグニウム	107 Bh ボヘリウム	108 Hs ハセニウム	109 Mt メイテリウム	110 Ds ダルトンニウム	111 Rg リジウム	112 Uub ユビウム	113 Uut ユタニウム (未発見)	114 Uuq ユウジウム	115 Uup ユウピウム (未発見)	116 Uuh ユウヘンニウム	117 Uu ユウ (未発見)	

図 1 周期表

¹ よく見ると数字の順番に並んでいないところもありますね。なぜかは高校（高専）の化学で習います。
² 今ある物質の性質を調べることも、新しい物質を創り出すことも、私たち化学者の大事な仕事です。

実験 1 金属と試薬の反応

[概要]

テーブルの上に、7本のスポイト瓶のセットがあります。そのうち4本のピンには「銀」、「銅」、「鉄」、「アルミニウム」が含まれた溶液が入っており、①から④の記号が書かれたラベルが貼られています。また3本のピンには「塩酸」、「アンモニア水」、「フェロシアン化カリウム」の3種類の試薬が入っており、それには(a)から(c)の記号が書かれたラベルが貼られています。

「銀」、「銅」、「鉄」、「アルミニウム」はそれぞれ違う元素ですので、試薬に対する反応性もそれぞれ異なります。この実験では、4種類の金属が入った溶液と、3種類の試薬をそれぞれ組み合わせ、それぞれの金属が入った溶液が、それぞれの試薬に対してどのような反応を示すのか、調べます。

表1 スポイト瓶の中身

金属溶液	試薬
① 銀	(a) 塩酸
② 銅	(b) アンモニア水
③ 鉄	(c) フェロシアン化カリウム
④ アルミニウム	

[操作]

1. 台紙の白い面を上にして、その上にセルプレート（4×3列）をのせます。台紙の中央の太線で囲んだ四角が、セルプレートにあうようにします。
2. 台紙の表示に従い、金属①、②、③、④を縦の列に5滴ずつ、滴下します。
3. それぞれの溶液の色を観察し、表2に記入します。台紙の裏面は黒色になっているので、必要があれば裏面を表にして観察します。
4. 台紙の指示に従い試薬(a), (b), (c)を、横の列の各セルに5滴ずつ滴下します。
5. セルの中に沈殿ができていないかどうか、できていない場合は沈殿が何色かを観察し、観察した結果を表3にまとめます。沈殿ができていない場合は、溶液の色を記録します。台紙の裏面は黒色になっているので、必要に応じて表面と裏面を使用します。

表 2 金属を含んだ水溶液の色

① 銀	② 銅	③ 鉄	④ アルミニウム

※ 溶液の色を記録します。

表 3 実験結果

	① 銀	② 銅	③ 鉄	④ アルミニウム
(a) 塩酸				
(b) アンモニア水				
(c) フェロシアン 化カリウム				

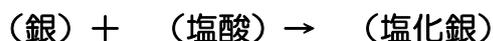
※ 観察結果を記録します。

[解説]

1. 沈殿が生じる理由

それぞれの金属元素は、お互いに性質が異なるため、試薬に対しても異なる反応性を示します。あるものは金属溶液に試薬を加えることで沈殿が生じますが、それは金属溶液と試薬が反応して水に溶けにくい物質に変化したからです。例えば銀に塩酸を加えると白い沈殿ができるのは、水に溶けにくい「塩化銀」とよばれる物質ができたからです。「塩化銀」は「銀」と「塩素」が結びついた

ものであり、このような 2 種類以上の元素が結びついた物質を**化合物**と言います（一方、銀のように一種類の元素からなるものを**単体**と言います）。



2. 沈殿が生じない理由

しかし同じ金属溶液でも加える試薬によっては沈殿が生じないことがあります。これは試薬を加えても、水に溶けにくい新しい物質ができなかったからです。

3. 溶けている金属を見分ける方法

もちろん、金属が異なっても同じ試薬に対して同じような結果がでる場合もあります。例えば銅とアルミニウムにそれぞれ塩酸を加えても、ともに沈殿が生じません。しかしアンモニア水に対しては異なる色の沈殿が生じます。ですから、銅が含まれているかアルミニウムが含まれている分らない溶液があった場合、塩酸ではなく、アンモニア水を加えることで、銅とアルミニウムのどちらが入っているのかを知ることができます。

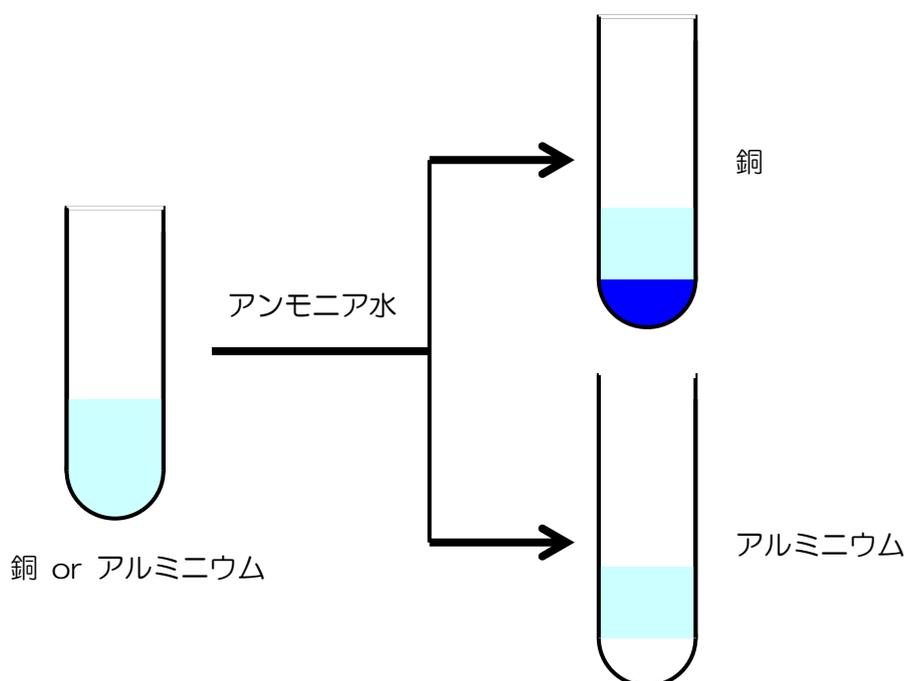


図2 アンモニア水を用いた銅とアルミニウムの見分け方

これらを利用すると、何の金属が入っているのか分からない溶液があっても、適切な手順で実験を進めれば、何の金属が入っているのかを知ることができます。

す。

みなさんは表 2 の結果から、銀、銅、鉄、アルミニウムのどれが入っているか分からない溶液があった場合、どうすればそれを見分けることができるかわかりますか？

実験 2 ビデオテープとアラザンから鉄と銀を探そう（溶液の反応）

【概要】

ビデオテープの表面には、鉄の化合物が使われています。またケーキ作りに使われる銀色の飾り物であるアラザンには、着色用に銀が使われています。

実験 1 で、銀は塩酸と反応して白い沈殿を生じることを、鉄はフェロシアン化カリウムと反応して濃い青色の沈殿を生じることを学びました。ここではその反応を利用して、ビデオテープから鉄を、アラザンから銀を見つけ出しましょう。

【操作】

A. ビデオテープからの鉄の検出

- a-1. 100ml ビーカーに、ポリ瓶に入っている塩酸を 20ml 程度入れる。
- a-2. 適当な長さに切ったビデオテープを a-1.のビーカーに入っている塩酸の中に漬ける。溶液が黄色くなるまで、そのままにしておく。
- a-3. 黄色くなった上澄み溶液の一部を試験管に移す。（試験管に 3cm 程度あればよい）。
- a-4. 試験管中の溶液に、(c)フェロシアン化カリウムを滴下する。

B. アラザンからの銀の検出

- b-1. アラザン 20 粒程度を 100ml ビーカーに入れる。
- b-2. ドラフトの中で b-1 のビーカーに濃硝酸を 5 滴程度入れ、アラザンの表面の銀を溶かす。銀が溶けるとアラザンは白くなる³。
- b-3. アラザンが白くなったら、b-2 に蒸留水を加え、液量を 10ml 程度にする。この操作まで、ドラフトの中で行う。

³ この時、有毒な褐色のガスが発生することがあるので、この操作は必ずドラフトの中で行う。

b-4. 試験管を受け器にして、b-3 の溶液の一部をろ過する。(ろ液が試験管に3cm程度あればよい)

b-5. 試験管の中のろ液に、(a)塩酸を滴下する。

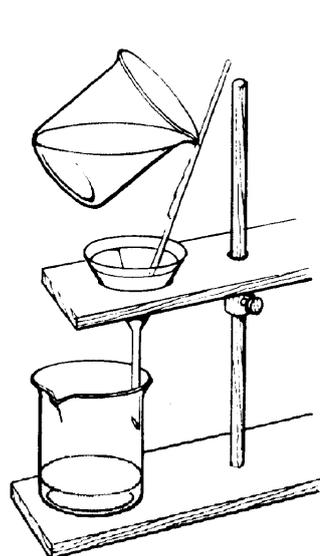


図3 ろ過のしかた

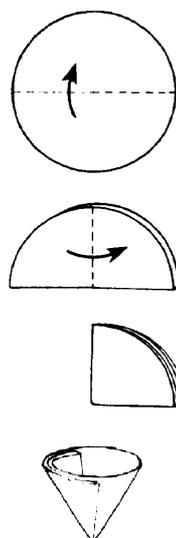


図4 ろ紙の折り方

C. プルシアンブルー（青色顔料）のしおりの作成

- c-1. 鉄を検出した試験管(a-4)の中の溶液をシャーレに移す。
- c-2. ろ紙を適当な大きさ(名刺大のラミネートフィルムに入る程度)に切り、シャーレ内の青色沈殿に漬ける。
- c-3. ろ紙を取り出し、ろ紙の水分をペーパータオルで軽く吸い取った後、ドライヤーで乾かす。
- c-4. 乾かしたろ紙を、切り取ったラベルなどと一緒にラミネート・フィルムの間にはさみ、ラミネーターで圧着させる。この時、ラミネート・フィルムの閉じた方からラミネーターに通すこと(図4を参照)。
- c-5. 圧着したラミネートフィルムに、二つ穴パンチで穴を一つあけ、そこにリボンをつけて、しおりとする。

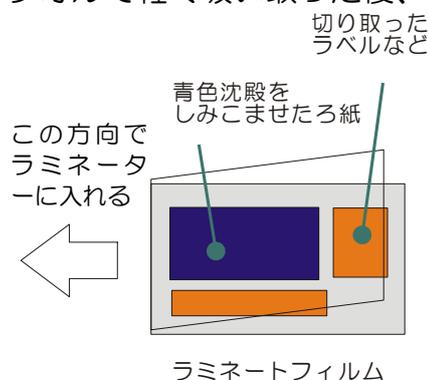


図5 ラミネートフィルムの圧着法

[解説]

1. この実験における銀と鉄の状態

アラザンの表面には単体の銀が塗られています。一方ビデオテープの表面に塗られているのは鉄ではなく、鉄と酸素の化合物である酸化鉄です。この酸化物が塩酸によって鉄として溶け出し、フェロシアン化カリウムと特有の反応を示します。

2. ビデオテープにおける鉄化合物の役割

みなさんはクリップを磁石にこすりつけるとクリップが磁石になることを知っていると思います。ビデオテープの表面に塗られている酸化鉄は、このクリップと同じ役割を果たします。情報（音声）を記録するときは、その情報に応じてビデオテープの表面に電磁石を近づけて磁石にします。一方情報を取り出すときは、ビデオテープの表面が磁石になっているかどうか調べます。

3. 鉄の検出反応

ところで、鉄があるかどうか調べる時に使用するフェロシアン化カリウムは、鉄と結びついて濃い青色の沈殿を作りますが、この沈殿は「紺青」または「プルシアンブルー」と呼ばれる青色顔料（絵の具などに使われる着色粉末）に使われます。実験 A では、塩酸でビデオテープ表面の鉄を溶かしていますが、この実験で用いている塩酸で溶ける鉄の量はそれほど多くありません。しかしフェロシアン化カリウムによる反応は非常に鋭敏であるため、溶けている鉄の量が少なくても鉄の存在を示すことができます。

実験 3 プラスチックから塩素を探そう（炎色反応）

[はじめに]

プラスチックの中には、よりよい性質を示すために塩素を入れたものがあります。この実験では、以下のプラスチック製品の中から、塩素が使われているものを、炎色反応（炎の中で元素特有の色が発せられる現象）を利用して探し出します。

調べるプラスチック

- ・ サランラップ ・ 沼津市指定ゴミ袋 ・ ポリバケツ
- ・ 水道管 ・ ラミネートフィルム

[操作]

1. 100ml ビーカーにポリ瓶の中の塩酸を適量入れる。
2. 軍手をして、銅線の先端を 100ml ビーカーの中の塩酸に漬ける。
3. 銅線の先端をガスバーナーの外炎で熱する。青緑色の炎が観察される場合は、その色が消えるまで熱する。
4. 熱せられた銅線の先端をサランラップに接触させ、再びガスバーナーの外炎で熱する。サランラップに塩素が含まれていなければ青緑色の炎は見られませんが、塩素が含まれているときは青緑色の炎が見られる。
5. 再び銅線の先端をガスバーナーの外炎で熱して、他の物質についても同様の実験を行い、表 4 に結果をまとめる。なお、青緑色の炎が見られたときは、炎色反応が見られなくなるまで銅線を熱する。

表4 塩素の検出

試料	結果
サランラップ	
指定ゴミ袋	
ポリバケツ	
水道管	
ラミネートフィルム	

○：塩素が入っている

×：塩素が入っていない

[解説]**1. 炎色反応とは**

金属を含む溶液を付けた白金線を炎の中に入れると、その金属特有の色を発することがあり、この反応を炎色反応と呼びます。例えば、図 4 に示すように、ナトリウムであれば黄色、リチウムであれば深紅色を示します。炎色反応は溶けている金属を判別する方法として利用される他、花火などにも利用されています。



ナトリウム

カリウム

カルシウム

リチウム

銅

図 6 炎色反応の例

2. この実験の原理

この実験では白金線の代わりに銅線を用いているので、炎色反応が現われる場合は、銅の青緑色が現われます。しかし炎色反応は気化されやすい（気体になりやすい）状態でないと現われません。銅の沸点は約 2600℃ですので、銅線を炎に入れただけでは銅の炎色反応は起きません。

しかし、熱した銅線を塩素を含むプラスチックに付けると、「銅」と「塩素」が反応して「塩化銅」という化合物ができます。



塩化銅の沸点は約 1400℃ですから、塩化銅であれば銅の炎色反応が現われます。つまり銅の青緑色の炎色反応が現われた時、プラスチックの中に塩化銅を作る「塩素」が含まれていることが分かります。

3. プラスチックのいろいろ

プラスチックにはいろいろな種類があります。表 5 に、今回実験に用いたプラスチックの種類を挙げます。

表 5 実験に用いたプラスチックの素材

品物	化合物名
サランラップ	ポリ塩化ビニリデン
指定ゴミ袋	ポリエチレン
ポリバケツ	ポリプロピレン
水道管	ポリ塩化ビニル
ラミネートフィルム	PET (ポリエチレンテレフタレート)

4. プラスチックと塩素

プラスチックも、元素を加えることで性質を変えることができます。サランラップは「ポリ塩化ビニリデン」と呼ばれる化合物からできています。この場合は塩素を加えることで耐熱性を増すとともに、フィルム同士を密着させる効果を生み出しています。

5. 塩素とダイオキシン

猛毒で知られるダイオキシンは塩素化合物を燃焼する際に発生するため、塩素の使用が社会的問題になったことがあります。しかし生ゴミに含まれる食塩を燃やしてもダイオキシンが発生することや、適切な燃焼条件であればダイオキシンの発生量は極力抑えられることが分かってきました。また、塩素を加えることで機能性が増すプラスチックは、塩素を加えていないプラスチックと比べて少ない使用量で同じ効果を示すこともできますので、むしろ環境に優しい面もあります。

ただし適切でない燃焼条件でダイオキシンが発生することは事実ですので、捨てる際にはゴミの分別をしっかりと行う必要があります。塩素に限らず、ものを扱う際には、科学（理科）の知識を身につけ、それぞれの材料の長所、短所を理解した上で正しい使い方や処分の仕方をする必要があります。

おわりに

日常においてもものを正しく利用するにも、研究などで新しい物質を創り利用するにも化学の知識は必要です。ものを扱う化学の世界に興味を持ってもらえたらうれしく思います。

参考文献

- 1) 川本公二, 板東舞, 芝原寛泰, 高等学校化学における金属陽イオン分析と道試料分析のマイクロスケール実験教材, 化学と教育, 54(10),

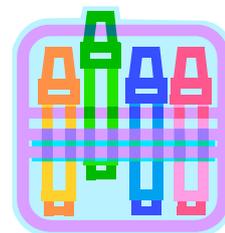
p.548-551, 2006.

2) 日本化学会編, 化学を楽しくする 5 分間, 化学同人, p.45-46, 1989.

化学と色

化学は物質を創る学問です。創られた物質には固いか柔らかいか、電気を通しやすいか通しにくいのか、どの温度で液体になるか（融点が何度か）など様々な性質があります。そのような性質の中でも、その物質の持つ「色」は、見た目に分かりやすい点でも、染料や顔料¹としての使い道が幅広くあることから、昔から化学者の関心を集めてきました。

今回は蛍光を発する物質を合成する実験と、溶液の性質を色の変化で調べる実験を行います。この二つの実験を通じて、色と化学に関係があることを学んでほしいと思います。



実験 1 蛍光物質を合成しよう！

[はじめに]

目に鮮やかな蛍光マーカーは、教科書やノートの大事なところをマークするのに最適です。蛍光マーカーが鮮やかなのは、紫外線などの光を吸収して、自分自身が発色しているからです。この実験では緑色に発色する蛍光物質を合成し、紫外線を発生させるブラックライトで発色のようすを観察しましょう。

[操作]

1. 薬さじで、小さいさじ一杯分の**無水フタル酸**を試験管に入れる。
2. 同じ試験管に、無水フタル酸と同量の**レソルシノール**を加える²。
3. ドラフトの中で、試験管内に硫酸 2 滴を加え、軽く振って混合する。
4. ガスバーナーの小炎で、試験管を振って内容物をまぜながら、おだやかに加熱する。内容物が暗い赤褐色になったときに加熱を止め、室温で放冷する。加熱しすぎると分解するので、注意する。
5. 1cm ほどの深さまで、**エタノール**³を別の試験管に入れる。
6. 加熱した試験管（4.の操作を行った試験管）の中にガラス棒を入れて赤褐色の溶液をガラス棒につける。そのガラス棒を、エタノールを入れた試験

¹ どちらも物に色をつける材料ですが、水に溶けてしみこませるものを「染料」、水や油に分散させて物の表面に塗り重ねていくものを「顔料」と言います。

² 操作 1 と操作 2 の順番は、逆になってもかまわない。

³ エタノールはオレンジ色のふたのついた洗浄ビンに用意してある。

管内に入れ、エタノールとよくかき混ぜることで、赤褐色の液体をエタノールに溶かす。

7. 4cmほどの深さになるまで蒸留水を試験管に入れ、試験管をよく振り、中の溶液を混ぜる。
8. 試験管に**水酸化ナトリウム水溶液**を一滴加えると、溶液が緑色の蛍光を発する。ブラックライトで蛍光を確認する。

実験上の注意

- ・ この実験では、濃い酸やアルカリ溶液を使用します。必ず**保護めがね**を着用して実験を行います。
- ・ エタノールは引火しやすい物質なので、火のそばに置いてはいけません。
- ・ 試験管を加熱するとき、中味が吹き出すこともあるので強熱してはいけません。また、試験管の口を人のいる方向に向けてはいけません。

[解説]

1. 蛍光が発する理由

電球が光るには電気が必要のように、物質が発色するにはエネルギーを必要とします。蛍光物質が利用するのは光のエネルギーで、光の中でもエネルギーの強い紫外線がよく利用されます。

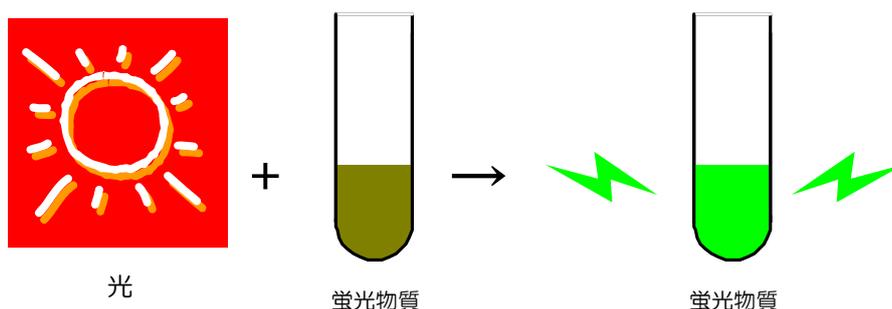


図1 蛍光のしくみ

太陽光にも紫外線は含まれていますし、蛍光灯や白熱電球の光で蛍光を発することもできますが、ブラックライトは紫外線だけを出す装置なので、蛍光のようすをよく観察することができます。

2. 身近に利用されている蛍光物質

蛍光はそれ自身が発色するため、注意を引くことができます。蛍光マーカーへの利用はその最もよい例です。しかし意外なところでは、ワイシャツなどにも使われています。これは蛍光によってワイシャツの白さを強調したり、きれいに見せることができたりするからです。同じ理由で洗剤などにも含まれている物があります。

3. この実験で合成した物質

この実験では、無水フタル酸とレスシノールから、フルオレセインという蛍光物質を合成しました⁴。フルオレセインは酸性では蛍光を発しませんが、溶液がアルカリ性になると構造が少し変わって、緑色の蛍光を発します。その様子を化学構造式で図 2 に示します。化学構造式の見方はまだ習っていないと思いますが、元素記号 H で示された水素が離れるだけのわずかな変化であることは分かると思います。このようにわずかな変化であっても、性質が大きく変わるのが化学のおもしろいところです。実際に化学者は、構造を少しずつ変えながら、いろいろな性質をもつ化合物を創り出しています。

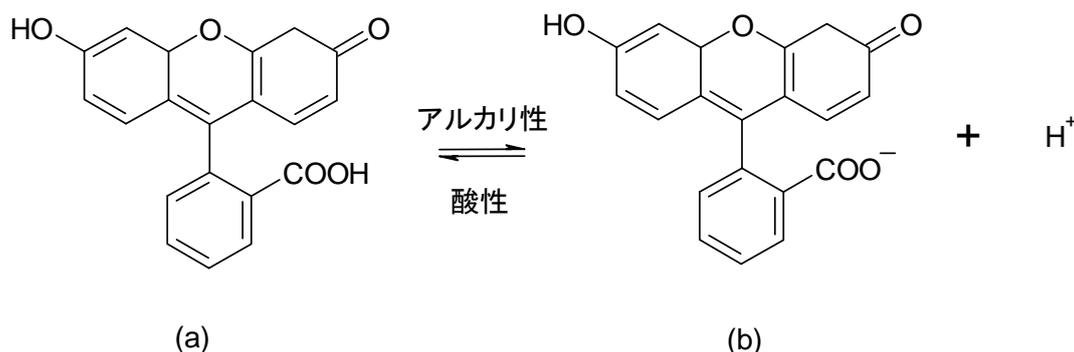
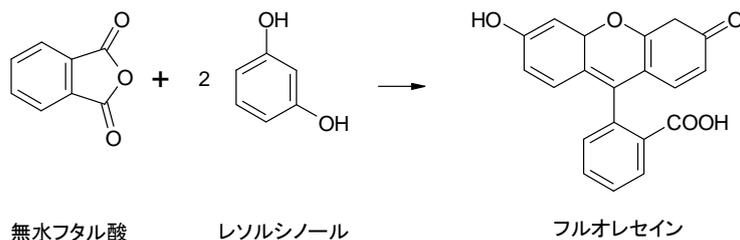


図 2 酸性とアルカリ性における構造の変化

[参考文献]

- 1) 日本化学会編, 化学を楽しくする 5 分間, 化学同人, p.94-96, 1989.

⁴ 参考までに、合成の様子を下に示します。中学生のみなさんにはまだ難しいと思いますが、高校で化学を習った後に見てもらえると理解できると思います。



実験 2 ムラサキキャベツで酸・アルカリを調べよう

[実験を始める前に]

酸とアルカリ

みなさんは理科で、酸性とアルカリ性について習いましたか。酸性とアルカリ性はともに水溶液の性質を示すもので、それぞれ表 1 に示すような性質をもっています。また、酸性でもアルカリ性でもない水溶液は中性といいます。ここでは、紫キャベツから作った溶液で、いろいろな溶液の酸性、アルカリ性を調べてみましょう。

表 1 酸とアルカリの性質

酸性	金属を溶かして水素を出す。 青いリトマス紙を赤くする。 BTB 溶液を黄色くする。
アルカリ性	赤いリトマス紙を青くする。 BTB 溶液を青くする。

溶液の性質で色が変わる指示薬

色でその溶液の性質がわかるような試薬を指示薬といいます。リトマス紙や BTB 溶液などが有名です。リトマス紙は酸性かアルカリ性かで、2 色に変化します。一方 BTB 溶液は 3 色に変化しますので、中性であるかどうかもわかります。

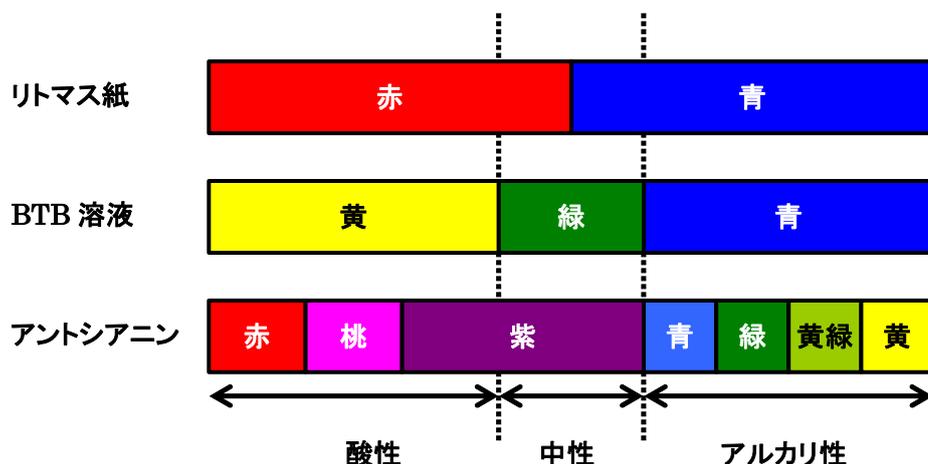


図 3 いろいろな指示薬

アントシアニンは七変化

ムラサキキャベツの中に含まれている アントシアニン という物質もリトマス紙や BTB 溶液と同じように溶液の性質で色が変わりますが、こちらは 7 色に変化します。紫色の変色範囲がやや広いので、酸性と中性の境目がわかりにくいのが難点ですが、酸性、中性、アルカリ性かだけではなく、酸性やアルカリ性の強さまでわかります。例えば緑色になれば弱いアルカリ性、黄色になれば強いアルカリ性であることがわかります。

紫キャベツで指示薬を作ろう

それでは、このアントシアニンに注目して、ムラサキキャベツから指示薬を作りましょう。方法は簡単です。細かく切り刻んだ紫キャベツの葉を煮ると、葉の中に含まれているアントシアニンが溶けてくるので、その上澄み液をとり、自然に冷やせばできあがりです。

酸性かな？ アルカリ性かな？

今回は、紫キャベツから作った指示薬で、表 1 にあげてある物質が酸であるか、アルカリであるかを調べてみます。まずは実験を始める前に、それぞれの物質が酸性であるかアルカリ性であるか予想してみましょう⁵。

表 1 試料と酸・アルカリの性質

試料	予想	ムラサキキャベツ 指示薬の色	結果
食酢	酸・アルカリ		酸・アルカリ
ドライアイス	酸・アルカリ		酸・アルカリ
重曹	酸・アルカリ		酸・アルカリ
漂白剤 (塩素系)	酸・アルカリ		酸・アルカリ

「予想」と「結果」は、酸、アルカリのどちらかに○をします

⁵ 今回調べる物質の中のドライアイスは、二酸化炭素 (CO₂) が固体になったものなので、二酸化炭素の性質を調べると考えても結構です。

[操作]

A. ムラサキキャベツ指示薬の作成

- A-1. 紫キャベツの葉一枚を、手で細かくちぎる。
- A-2. 切ったムラサキキャベツの葉を、ビーカーに入れ、100ml 程度の蒸留水を入れる。
- A-3. 溶液に色が付くまで、ムラサキキャベツの葉を入れたビーカーを煮沸する。

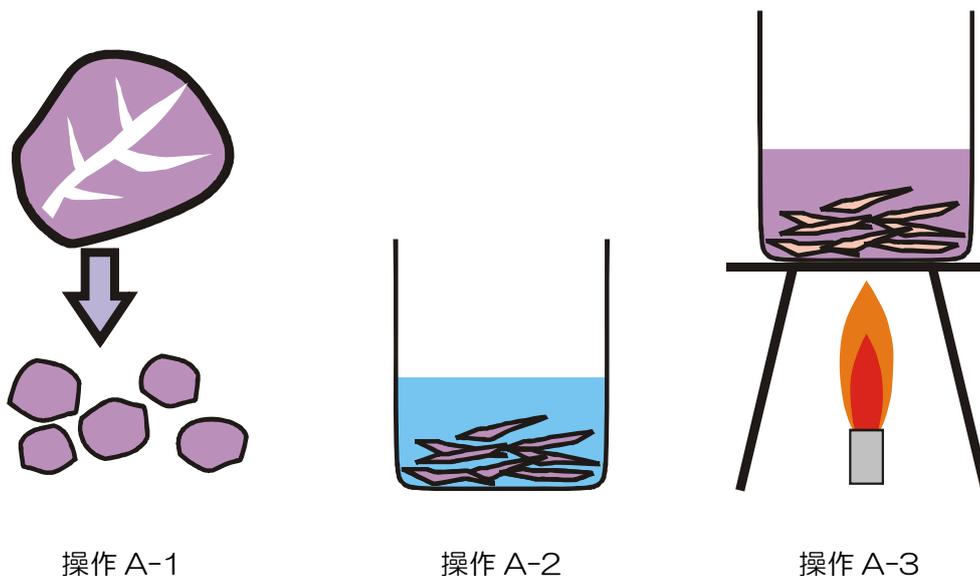


図4 操作 A-1~3

B. 指示薬の色の変化

- B-1. 試験管に駒込ピペットで、ムラサキキャベツ指示薬を約 1ml とる。
- B-2. 駒込ピペットで、塩酸を 1 滴入れる。
- B-3. B-2. の試験管に水酸化ナトリウムを一滴ずつ入れ、色の変化を観察する。水酸化ナトリウムは色が変化しなくなるまで滴下する。

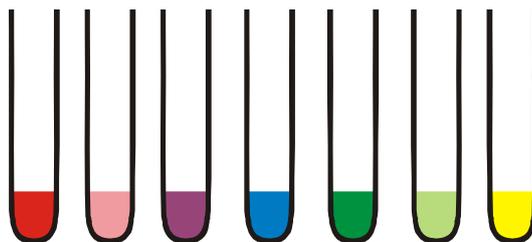


図5 操作 B-3

C. 酸・アルカリの調査

C-1. 4本の試験管に、駒込ピペットで紫キャベツ指示薬を1mlずつとる。

C-2. 調べる物質を適量試験管に入れ、色の変化を観察する。

- ・ 重曹は、薬さじで適量を試験管に入れ、軽く振る。
- ・ 食酢や漂白剤は駒込ピペットで適量を試験管に入れる。漂白剤は、時間が経つと色が消えるので、入れた時の色を観察する。
- ・ ドライアイスは、かけらを試験管に入れる。ドライアイスを扱うときは、軍手をする。

[解説]

アントシアニンの色が変わる理由

アントシアニンが酸やアルカリの強さによって七色の変化を示すのも、蛍光物質と同じように、溶液の酸・アルカリの強さによって構造が少しずつ変わるからです。

アントシアニンはムラサキキャベツだけではなく、赤タマネギや紅イモなどにも含まれています。また、植物によって含まれているアントシアニンも異なるので、発色や色の変化にも違いが見られます。他の植物から取り出した指示薬で実験してみてもおもしろいでしょう⁶。

重曹について

重曹は、炭酸水素ナトリウム (NaHCO_3) (別名：重炭酸ナトリウム) という物質です。重曹は洗剤やベーキングパウダーとして家庭でもよく用いられますし、この実験で確認したようにアルカリ性を示すので、胃の中で酸性である胃酸が出過ぎた場合の医薬品 (胃腸薬) としても用いられます。この後、「お楽しみおみやげ」で用いる炭酸水素カリウム (KHCO_3) も、炭酸水素ナトリウムの「ナトリウム」が「カリウム」に変わっただけの物質なので、重曹 (炭酸水素ナトリウム) と同じような性質を示します。

蛍光物質やアントシアニンのように、少しの構造で異なる性質を示す物質がある一方で、似た物質であれば似た性質を示すのも事実であり、このことは数多くの種類がある物質を分類して扱う時に役立ちます。化学には少しの変化で大きく性質が異なるような多彩な世界がある一方で、似た物質を分類して整理しながら理論的に物質を扱う世界もあり、その両方が化学のおもしろさです。

NaHCO_3
炭酸水素ナトリウム(重曹)

KHCO_3
炭酸水素カリウム

⁶ 他の植物に含まれているアントシアニンを利用する場合も、この実験と同じ方法で指示薬を作ることができます。ただし植物によっては溶液が濁る場合もあるので、そのような場合はガーゼやコーヒーフィルターでろ過すると観察しやすくなります。

おまけ実験講座☆おみやげ「光合成で色が変化する置物」

しくみ：

人が吐き出す息の中には二酸化炭素が含まれています。

二酸化炭素（ CO_2 ）が水に溶けると「炭酸」になります。

炭酸は「酸性」の性質を持っています。

植物は「光合成」により、 CO_2 を取り込み、糖分と酸素を作ります。

水草は、水中にとけた CO_2 を光合成により取り込みます。

その結果、水の中の CO_2 は減って、酸性度が弱くなります。

今日、水の中に入れた薬品は、どれくらい酸性であるか「酸性度」をしめす性質のものです。

作り方：

1. 重碳酸カリウム溶液（※1）を容器の8分目まで入れる。
2. 指示薬を10滴入れる。（※2）
3. ストローで呼気を吹き込む。（吸い込まないように注意！）
4. 水草（オオカナダモ※3）をちぎって入れる。
5. しっかりふたをする。

※1 とてもうすい溶液です。自宅で実験したいときには、同じ量の水に「重曹（重碳酸ナトリウム）」を耳かきの半分くらいの量を入れてください。

※2 指示薬はホームアシストや科学博物館で売られていることもあります。BTB溶液でもできますので、学校の先生に分けてもらうことも良いでしょう。

※3 オオカナダモはホームアシストなど園芸センターでは「アナカリス」という名前で売られています。

発展：

さて、以下のような場合、水草を入れた容器の中の酸性度（色）はどのようになるでしょうか？（そしてそれはなぜでしょうか？考えてみましょう。）

- ・昼（光合成をしているとき）
- ・夜（光合成をしていないとき。呼吸をしているとき。）
- ・ずっと真っ暗（光合成をすることができないとき。）
- ・ずっと明るいところ（ずっと光合成をしているとき。）



家の明るい窓辺においてください。

そして、色の変化（酸性度の変化）を観察してみましょう。