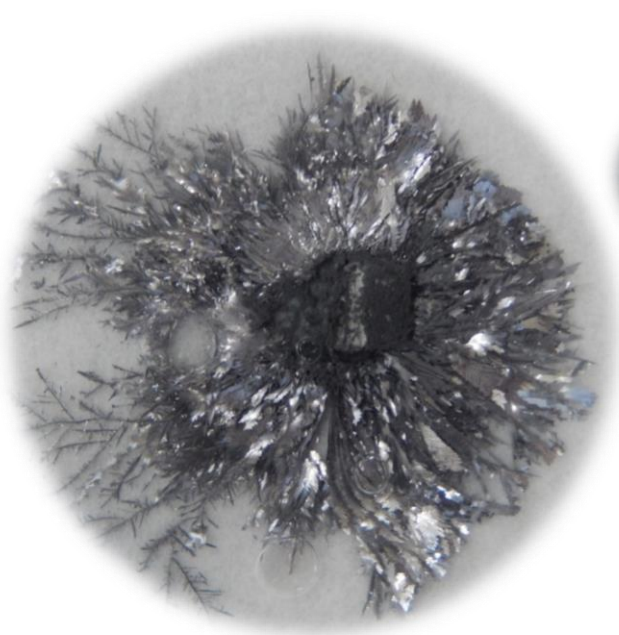


高等学校理科「化学基礎」
観察，実験サポート資料



「化学基礎」 観察, 実験サポート資料 目次

はじめに	1
観察, 実験サポート資料早見表	2
「化学基礎」観察, 実験サポート資料の見方	6

化学と人間生活とのかかわり

1 孔雀石から銅を取り出す ～酸化銅の還元～	10
2 亜鉛めっきと黄銅 ～めっきと合金～	17
3 ナイロン 66 の合成 ～繊維の合成～	26

物質の探究

4 サインペンの色素の分離 ～ペーパークロマトグラフィー～	34
5 しょう油から食塩を分離する ～混合物の分離～	42
6 綿棒を使った炎色反応 ～炎色反応～	50
7 炭酸水素ナトリウムの成分元素 ～成分元素の確認～	60
8 2-メチル-2-プロパノールの三態とヨウ素の昇華 ～状態変化～	68

物質の構成粒子

9 ナトリウムの性質 ～アルカリ金属元素～	77
--------------------------	----

物質と化学結合

10	酸・塩基・クロム酸銅(Ⅱ)の電気泳動	85
	～陽イオンと陰イオン～	
11	ペットボトルの銀めっき	98
	～金属光沢～	
12	分子モデルの作成	107
	～分子の構造～	
13	溶解性から液体の種類を調べる	113
	～分子の極性～	
14	電気伝導性から結晶の種類を調べる	123
	～化学結合と物質の性質～	

物質量と化学反応式

15	米 6,000 粒	136
	～アボガドロ数を実感する～	
16	シリンジで気体の分子量を測定する	141
	～分子量～	
17	炭酸水素ナトリウムと塩酸の反応	149
	～化学反応における量的関係～	

化学反応

18	食酢中の酢酸の量を調べる	158
	～中和滴定～	
19	酸化剤と還元剤の反応と電子の流れ	170
	～酸化還元反応～	
20	サプリメントに含まれるビタミンC量を調べる	183
	～酸化還元滴定～	
21	金属樹の生成と金属のイオン化傾向の大小	195
	～金属のイオン化傾向～	

巻末資料

◇	観察, 実験を行う上で	208
◇	調製	223
◇	生徒用プリント	

はじめに

高等学校理科「化学基礎」の学習指導においては、生徒が目的意識をもって観察、実験などを行うことを重視しています。「目的意識をもって行われる観察、実験」とは、単に指示されたとおりに操作を行うのではなく、生徒自らが考え、見通しをもって主体的に組むことを示しています。

しかし、観察、実験が十分に行われているとは言えない状況や、生徒が与えられた指示に従うだけの、受け身的で作業的な観察、実験を行っている姿が見られます。これは、教科書準拠の指導書においても基礎知識や基本技能までは触れられていないものが多く、特に化学専門外の理科教員にとっては、薬品や安全面、実験器具の取り扱いなどへの不安から、積極的に観察、実験を行うのは難しいといった現状によるものです。

そこで、生徒に目的意識をもたせるための手段として、導入の工夫について盛り込み、観察、実験に関する情報を集約した「高等学校理科『化学基礎』観察、実験サポート資料」を作成しました。

サポート資料のねらいは、観察、実験の教材研究や準備の効率化を図り、導入の工夫を取り入れることで、生徒一人一人が目的意識を明確に把握し、見通しをもって主体的に行う観察、実験が行われることに役立てようとするものです。また、化学専門外の先生方が、化学の観察、実験への不安感や抵抗感を払拭し、目的意識をもった観察、実験を中心とした授業が展開できるよう支援することです。そこで、導入のポイントや例、薬品の取り扱いや後処理の方法、安全面の留意点を盛り込んだ資料を作成しました。

このサポート資料が、「化学基礎」を指導される先生方に、少しでもお役に立てればと願っております。

平成 28 年 2 月 26 日

高等学校理科「化学基礎」観察、実験サポート資料早見表

内 容	実験番号	1	2	3	4	5	6
	実験名	孔雀石から銅を取り出す	亜鉛めっきと黄銅	ナイロン66の合成	サインペンの色素の分離	しょう油から食塩を分離する	綿棒を使った炎色反応
	高校の単元名	(1) 化学と人間生活					
	高校の小単元名	ア 化学と人間生活とのかかわ			イ 物質の探究		
		(ア) 人間生活の中の化学について			(ア) 単体・化合物・混合物		
	中学校の単元名	(2) 身の回りの物質 (4) 化学変化と原子・分子					
実 験 準 備	主な実験器具，薬品等	ガスバーナー スタンド 孔雀石 電子オルゴール	ガスバーナー 蒸発皿 三脚 銅板 亜鉛粉末 水酸化ナトリウム	水酸化ナトリウム ヘキサメチレンジアミン ヘキサン アジピン酸ジブチリド アセトン	ペットボトル ろ紙 水性ペン	ガスバーナー 蒸発皿 三脚 しょう油	各種金属塩化物 エタノール 綿棒 油ねんど
	事前準備時間(材料調達の日数)	1ヶ月	1ヶ月	1ヶ月	1日	1日	1ヶ月
	準備時間	1時間	1時間	1時間	1時間	1時間	1時間
観 察 ・ 実 験	実験時間	45分	40分	35分	50分	40分	40分
	難易度	★	★	★	★	★	★
	探究活動としての扱い					○	
各教科書との対応	化学基礎(東京書籍)	○△		○△	△	○	◎
	新編化学基礎(東京書籍)	○△		○△	○	◎	◎
	化学基礎(実教出版)		○別単元		○	◎	△
	新版化学基礎(実教出版)				○	○	△
	高校化学基礎(実教出版)						△
	化学基礎(啓林館)	○		○	◎	○	△
	新編化学基礎(啓林館)	○		○	◎	○	△
	化学基礎(数研出版)	○			◎	○	△
	高等学校化学基礎(数研出版)				△	○	△
	新編化学基礎(数研出版)	○			△	○	△
	高等学校化学基礎(第一学習社)				○△		△
	高等学校新化学基礎(第一学習社)				◎		△

◎同じ実験 ○類似した実験 △観察、実験としてではないが同じ内容を掲載

高等学校理科「化学基礎」観察、実験サポート資料早見表

内容	実験番号	7	8	9	10	11
	実験名	炭酸水素ナトリウムの成分元素	2-メチル-2-プロパノールの三態とヨウ素の昇華	ナトリウムの性質	酸・塩基・クロム酸銅(H ₂)の電気泳動	ペットボトルの銀めっき
	高校の単元名	(1) 化学と人間生活		(2) 物質の構成		
	高校の小単元名	イ 物質の探究		ア 物質の構成	イ 物質と化学結合	
		(7) 単体・化合物・混合物	(4) 熱運動と物質の三態	(4) 電子配置と周期表	(7) イオンとイオン結合	(4) 金属と金属結合
実験準備	中学校の単元名	(2) 身の回りの物質 (4) 化学変化と原子・分子	(2) 身の回りの物質	(2) 身の回りの物質 (4) 化学変化と原子・分子 (6) 化学変化とイオン		
	主な実験器具、薬品等	ガスバーナー スタンド ガス誘導管 炭酸水素ナトリウム 綿棒 石灰水 エタノール 塩化コハル紙	ガスバーナー 三脚 丸底フラスコ ベトリ皿 フック付き袋 たこ糸 氷 2-メチル-2-プロパノール ヨウ素	ナトリウム 灯油 カッター ろ紙 フェノールフタレイン ゴム栓	電源装置 導線 目玉クリップ スライドガラス pH 試験紙 硝酸カリウム 塩酸 水酸化ナトリウム クロム酸銅	ペットボトル 硝酸銀 エチレンジアミン グルコース 水酸化ナトリウム
	事前準備時間(材料調達の日数)	1ヶ月	1ヶ月	1ヶ月	1ヶ月	1ヶ月
	準備時間	1時間	1日	1時間	2時間	1時間
観察・実験	実験時間	50分	50分	50分	50分	30分
	難易度	★	★	★	★★	★
	探究活動としての扱い					
各教科書との対応	化学基礎(東京書籍)	△	△	◎		○
	新編化学基礎(東京書籍)			◎		○
	化学基礎(実教出版)	○	△		◎	
	新版化学基礎(実教出版)	○	○	◎	◎	
	高校化学基礎(実教出版)		○			○
	化学基礎(啓林館)	○	○	◎	△	○
	新編化学基礎(啓林館)	○	○	◎		○○別単位
	化学基礎(数研出版)	△		◎		○
	高等学校化学基礎(数研出版)	○				
	新編化学基礎(数研出版)			○△		○
	高等学校化学基礎(第一学習社)	◎	○		◎	
	高等学校新化学基礎(第一学習社)	○△	○	◎	◎	

◎同じ実験 ○類似した実験 △観察、実験としてではないが同じ内容を掲載

高等学校理科「化学基礎」観察、実験サポート資料早見表

内容	実験番号	12	13	14	15	16
	実験名	分子モデルの作成	溶解性から液体の種類を調べる	電気伝導性から結晶の種類を調べる	米6,0000粒	シリンジで気体の分子量を測定する
	高校の単元名	(2) 物質の構成			(3) 物質の変化	
	高校の小単元名	イ 物質と化学結合			ア 物質量と化学反応式	
		(ウ) 分子と共有結合		(7) ~ (ウ)	(7) 物質量	
実験準備	中学校の単元名	(2) 身の回りの物質 (4) 化学変化と原子・分子		(2) 身の回りの物質 (4) 化学変化と原子・分子 (6) 化学変化とイオン	(2) 身の回りの物質	
	主な実験器具、薬品等	分子モデル用紙 はさみ セロハンテープ	マイクロチューブ マイクロプレート エタノール n-ヘキサン ヨウ素	導電テスター ガスバーナー スタンド 塩化ナトリウム スクロース スズ 石英砂	電子天秤 メスシリンダー 計量カップ ビニール袋 米など	プラスチック注射器 三方コック 釘 電子天秤 酸素 二酸化炭素 ブタン
	事前準備時間(材料調達の日数)	1 日	1 ヶ月	1 ヶ月	1 日	1 ヶ月
	準備時間	1 時間	1 時間	4 時間	1 時間	1 時間
観察・実験	実験時間	40 分	50 分	50 分	50 分	50 分
	難易度	★	★★	★★	★	★
	探究活動としての扱い			○		○
各教科書との対応	化学基礎(東京書籍)	○	○	○	○	○
	新編化学基礎(東京書籍)	○	○	◎		◎
	化学基礎(実教出版)		◎	◎	○	
	新版化学基礎(実教出版)			◎		○
	高校化学基礎(実教出版)	○				◎
	化学基礎(啓林館)	○	○	◎	△	○
	新編化学基礎(啓林館)	○	○	◎	△	○
	化学基礎(数研出版)		◎	◎	○	
	高等学校化学基礎(数研出版)		◎	◎	○	◎○
	新編化学基礎(数研出版)		◎		○	◎
	高等学校化学基礎(第一学習社)		△	◎	○	
	高等学校新化学基礎(第一学習社)					◎

◎同じ実験 ○類似した実験 △観察、実験としてではないが同じ内容を掲載

高等学校理科「化学基礎」観察、実験サポート資料早見表

内容	実験番号	17	18	19	20	21
	実験名	炭酸水素ナトリウムと塩酸の反応	食酢中の酢酸の量を調べる	酸化剤と還元剤の反応と電子の流れ	サプリメントに含まれるビタミンC量を調べる	金属樹の生成と金属のイオン化傾向の大小
	高校の単元名	(3) 物質の変化				
	高校の小単元名	ア物質量と化学反応式	イ 化学反応			
		(1) 化学反応式	(7) 酸・塩基と中和	(1) 酸化と還元		
実験準備	中学校の単元名	(2) 身の回りの物質 (4) 化学変化と原子・分子	(2) 身の回りの物質	(4) 化学変化と原子・分子 (6) 化学変化とイオン		
	主な実験器具、薬品等	プラスチックカップ ストロー メスシリンダー 電子天秤 希塩酸 炭酸水素ナトリウム	ホルビペット メスフラスコ コニカルパーカー ビュレット 食酢 水酸化ナトリウム フェノールメレン	マイクロプレート蓋 食品包装用ラップ マイクロアンパア系 炭素棒 ペトリ皿 過マンガン酸カリウム ヨウ化カリウムなど	ホルビペット スタンド シリコンチューブ 三方コック プラスチック注射器 過マンガン酸カリウム 清涼飲料水	マイクロプレート蓋 食品包装用ラップ ビニール袋 銅等金属片 硫酸マグネシウム 酢酸鉛 硝酸銀など
	事前準備時間(材料調達の日数)	1ヶ月	1ヶ月	1ヶ月	1ヶ月	1ヶ月
	準備時間	1時間	1～3時間	2時間	2時間	2時間
観察・実験	実験時間	50分	50分	50分	50分	50分
	難易度	★	★★	★★	★★	★★
	探究活動としての扱い	○	○	○	○	○
各教科書との対応	化学基礎(東京書籍)	◎	◎	◎	○	◎
	新編化学基礎(東京書籍)	○	◎	◎	△	◎
	化学基礎(実教出版)	◎	◎	◎	△	○
	新版化学基礎(実教出版)	◎	◎			◎
	高校化学基礎(実教出版)	◎	◎			◎
	化学基礎(啓林館)	◎○	◎	○	○	◎
	新編化学基礎(啓林館)	◎○	◎	◎		◎
	化学基礎(数研出版)	◎○	◎	◎	○	◎
	高等学校化学基礎(数研出版)	◎	◎	◎	○	◎
	新編化学基礎(数研出版)	◎	△	◎	○	◎
	高等学校化学基礎(第一学習社)	◎○	◎		△	◎
	高等学校新化学基礎(第一学習社)	◎○	◎			◎

◎同じ実験 ○類似した実験 △観察、実験としてではないが同じ内容を掲載

観察，実験サポート資料の見方

「概要」，「準備」，「観察，実験」の順番でページ構成し，「その他の情報」を途中や最後に追加しています。

「概要」 基本事項とねらいを把握するページです。

1	観察，実験のタイトル	5	留意点	7
2			【指導面】	
3	目的と内容		【安全面】	
			【後処理】	
4	既習事項	6	導入	
			【ポイント】	
			【例】	

1	実験のタイトルを示しました。	5	留意点を，指導面，安全面，後処理に分類して示しました。 【指導面】 実験を指導する上で留意すべき点や必要な原理などをまとめました。 【安全面】 予想される怪我や事故について示しました。 【後処理】 後処理の方法や留意すべき点について示しました。
2	観察，実験の難易度，教材の入手に必要な日数，準備に必要な時間，実施に要する時間を表で示しました。 難易度：★☆☆ ★★☆ ★★★ 易しい やや難しい 難しい	6	導入のポイントと例を示しました。
3	目的と内容に加え，学習指導要領の単元の目標を明記し，観察，実験を行うねらいを把握しやすくしました。	7	インデックスを表示しました。 紫：化学と人間生活とのかかわり 青：物質の探究 緑：物質の構成粒子 黄：物質と化学結合 橙：物質と化学反応式 桃：化学反応
4	関係する小・中学校での学習内容を示しました。		

化学と人間生活とのかかわり

物質の探究

物質の構成粒子

物質と化学結合

物質と化学反応式

化学反応

巻末資料

「準備」 観察，実験の準備をスムーズに進めるためのページです。

◎準備 8 準備の流れ 1ヶ月前～ ～前日 当日 9 必要な材料・器具・薬品 準備で必要なもの 当日必要なもの 10 ☆教材の入手方法	11 準備 当日のセット ☆生徒用 ★教員用 セットの写真 ①前日まで ②当日
--	--

- 8 準備にかかわる大まかな流れを時系列に示しました。
- 9 準備時と実験当日に必要な用具，試薬を示し，備品を確認しやすいようにしました。また，必要な試薬量や器具の数を簡単に計算できるよう，計算式を示しました。
- 10 使用する，教材の入手に関する方法，場所，価格などの情報を示しました。

- 11 使用する用具を示し，準備の過程を時系列に記しました。また，代用品を示しました。
- ・当日のセット
班の数，個人で行う場合は，生徒数に合わせて用意できるように，観察，実験を行う際に必要な器具，材料，試薬などの1回分のセットを示しました。全体で使用する用具は教員用に記しました。
 - ・実験の準備
実験の材料のうち，加工や準備が必要な物について（金属板・薬品の調合など）手順を示しました。

「観察，実験」 観察，実験の過程や操作を理解するためのページです。

12	観察，実験	15	実験のまとめ	化学と人間生活との かわり
	観察，実験の流れ	16	考察	物質の探究
13	手順	17	実験のまとめ	物質の構成粒子
	①	18	後片付け	物質と化学結合
	②			物質と化学反応式
14	注意！ ポイント！			化学反応
	③			巻末資料
	手順の写真			
	手順の写真			
	手順の写真			

12	大まかな流れを時系列に示しました。	15	結果や操作のまとめを示しました。
13	観察，実験の過程を各操作内容に分け，おおよその時間と具体的な作業内容を示し，その操作がイメージしやすいように写真を加えました。	16	考察を示しました。
14	操作内容についての指導のポイントを示しました。 操作の意味や失敗しやすい注意すべき点などを解説し，特に大切な部分は下線を付けました。	17	授業のまとめを示しました。
		18	片付ける際の，生徒への指導と教員側の確認事項を示しました。

※注意 本サポート資料に掲載している写真は，あくまでも参考例です。すべて写真のような材料に限るわけではなく，また，過程，結果は写真のようになるとは限りません。

「その他の情報」 観察，実験の理解を深めるためのものです。

19

失敗例

●状態 1

原因 1

原因 2

●状態 2

原因 1

原因 2

20

別法

別法①

別法②

19

失敗の回避や生徒への助言に役立てるために、失敗の状態から予想される原因とその対策を示しまとめました。

20

同じ学習内容で実施できる，取り扱ったものの以外の観察，実験について示しました。

1

孔雀石から銅を取り出す
～酸化銅の還元～化学と人間生活との
かかわり

物質の探究

物質の構成粒子

物質と化学結合

物質と化学反応式

化学反応

巻末資料

難易度	教材の入手日数	準備時間	実施時間
★☆☆	1 ヶ月	1 時間	45 分

目的と内容

化学反応の1つである還元を利用して孔雀石から銅を取り出すことで、
化学と日常生活との関係を実感する

「生活を支える物質として、その特性を生かして使われている金属やプラスチックが、様々な化学の研究成果に基づいて製造されていることや再利用されていることを学び、物質を対象とする学問である化学への興味・関心を高め、化学の学習の動機付けとすること」がこの単元の主なねらいである。

この単元を、化学基礎の導入として位置付けていることを踏まえ、化学への興味・関心を高める視点で取り扱わなければならない。日常生活や社会を支える身近な物質を取り上げて、化学が人間生活に果たしている役割について扱い、以後の学習に生徒が意欲的に取り組めるように学習の展開を工夫することが重要である。

ここでは、きれいな緑色の石である孔雀石から、還元反応を用いて銅を取り出すことにより、生徒の興味・関心を高め、化学と日常生活との関係を実感させる。

既習
事項

小学校：3年生の「磁石の性質」「電気の通り道」

中学校：1年生の「物質のすがた」

2年生の「化学変化」

中学校1年生では「物質のすがた」で金属の性質について「電気をよく通す」「金属光沢」「引っ張ると細く伸びる」「叩くと伸びて薄く広がる」「熱をよく伝える」といった性質を学んでいる。実験では「金属と金属でない物質の区別」として、「電気を通すか」と「磁石につくか」を調べており、電気を通すことは金属に共通した性質であるが、磁石につくことは金属に共通した性質ではないことを確かめている。また、教科書には、金属の利用として、昔の鏡と今の鏡について掲載されている。

中学校2年生では、酸化と還元を学習しており、還元とは、酸化物が酸素を奪われる反応であることを学んでいる。酸化銅と炭素粉末を混ぜ合わせて加熱することで、酸化銅が還元され銅になる実験を行っている。また、化学変化とその利用として、反応熱の利用（化学カイロ、冷却パック、暖房、調理など）も学んでいる。

留意点

【指導面】

○ほとんどの金属は、自然界において酸素や硫黄などとの化合物の状態で存在し、鉱石として利用されている。科学技術の発展によって金属の単体を取り出すことができるようになり、我々の生活を支えてきた。中でも銅の歴史は古く、紀元前35世紀ごろの青銅器時代には、銅とスズの合金である青銅が広く利用されていた。日本では、弥生時代に利用されるようになり、銅鐸や青銅鏡などの青銅器が発見されている。銅は熱伝導性や電気伝導性に優れている。特に電気伝導性は銀について金属の中で2番目の良導体であり、銀に比べて安価なため、現在では電線や電気器具などに使われている。また、日本では硬貨の多くが銅の合金でできている（下表）。これらのことなど、我々の生活に深く関わっている銅を紹介し、また、銅が使われるようになるためには、化学が大きな役割を果たしていることを伝えることで、化学への興味関心を高めたい。

5 円	黄銅（銅と亜鉛）
1 0 円	青銅（銅と亜鉛とスズ）
5 0 円, 1 0 0 円	白銅（銅とニッケル）
5 0 0 円	ニッケル黄銅（銅と亜鉛とニッケル）

○生徒が、実験に慣れていない時期に行うことが考えられる。操作の仕方や安全面など「当たり前」と思われることにも注意する必要がある。特に、ガスバーナーを用いて加熱するので、ガスバーナーの使い方の確認や、やけどへの注意などに留意する必要がある。

○今回の実験について

孔雀石の化学式は、炭酸二水酸化二銅(Ⅱ) $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$ で、これを加熱するとまず黒色の酸化銅(Ⅱ) CuO に変化し、さらに加熱すると炭素 **C** と水素 **H** の化合物であるポリエチレン $[-\text{C}_2\text{H}_4-]_n$ によって還元され、赤茶色の銅 **Cu** になる。

【安全面】

- 保護めがねを着用させる。
- やけどに気を付けさせる。
- ポリエチレンは不完全燃焼させると有毒ガスを生じる。実験の際は刺激臭の気体を発生するため、換気を十分に行う。生徒には吸い込まないように注意する。

【後処理】

○試験管はクレンザーを使って洗うが、汚れが落ちにくいので、そのまま回収し、この実験専用の試験管とするか、廃棄する。

導 入

【ポイント】

- 金属への興味・関心を高める。
- 化学と日常生活とのつながりを感じさせる。

【導入例】

- 身近な銅製品（硬貨、電線等）を見せる。
- 錬金術時代の話など、金属の歴史について話す。
- 孔雀石を見せて、石に含まれる物質について発問する。銅が含まれていることを伝え、どうしたら取り出せるか考えさせる。

◎準備

準備の流れ

1ヶ月前～

(発注, 調製, 代替の検討時間含む)

☐材料の準備

☐実験室の備品確認

～前日

☐材料の確認

☐孔雀石を粉末状に砕く

☐器具・教材の分配

当日

☐器具・教材の分配

必要な材料・器具・薬品

準備で必要なもの

鉄製乳鉢, 鉄製乳棒, 孔雀石

孔雀石の必要量 1班 1 g × () 班 = () g

当日必要なもの

[器具] 試験管, 試験管立て, 試験管ばさみ, ガラス棒, スタンド, ガスバーナー, 着火器具, 薬包紙, 薬さじ, ろ紙, 電子オルゴール, 単3電池(2個), 電池ボックス, リード線, 保護めがね

[薬品] 砕いた孔雀石, ポリエチレンの袋, 脱脂綿

☆教材の入手方法

①孔雀石

理科消耗品カタログなどで購入可能 500 g で 6,000 円程度

②電子オルゴール

理科消耗品カタログなどで購入可能 1 個で 400 円程度

③ポリエチレンの袋

スーパーマーケットなどで購入可能 100 枚で 110 円程度

④脱脂綿

薬局などで購入可能 50 g で 200 円程度

⑤プラスチックカップ ※なくてもよいが, 実験の試料配付に便利

インターネットでも購入可能 本体 50 個で 450 円程度

ふた 50 個で 300 円程度

100 円ショップなどでも購入可能 ふたつき 7 個で 108 円

⑥電池ボックス

理科消耗品カタログなどで購入可能 10 個で 1,000 円程度

インターネットでも購入可能 1 個で 60 円程度

⑦リード線

理科消耗品カタログなどで購入可能 10 本で 2,000 円程度

ミノムシクリップとビニールコードで自作すると 1 本で 70 円程度

⑧鉄製乳鉢, 鉄製乳棒

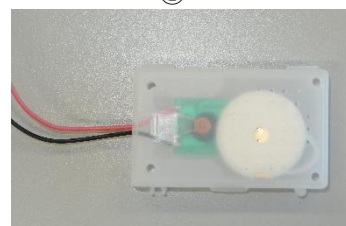
理科教材屋で購入可能

外径×高さが 150mm×100mm で 20,000 円程度

無い場合はハンマーで代用



①



②



⑧

当日のセット

☆生徒用

[器具]

☐ ポリエチレン袋	約 0.3 g
☐ 脱脂綿	親指大
☐ 薬包紙	1 枚
☐ ろ紙	1 枚
☐ ガラス棒	1 本
☐ 薬さじ	1 本
☐ 試験管	1 本
☐ 試験管立て	1 個
☐ 試験管ばさみ	1 個
☐ プラスチックカップ (孔雀石用)	1 個
☐ ガスバーナー	1 個
☐ スタンド	1 個
☐ 着火器具	1 箱
☐ 電子オルゴール	1 個
☐ 単 3 乾電池	2 個
☐ 電池ボックス	1 個
☐ リード線	3 本 (2 本可)
☐ 保護めがね	人数分

[薬品]

☐ 孔雀石 (砕いたもの)	1 g
--------------------------------------	-----

☐ 孔雀石は 1 個約 24 g なので一つ砕くと 24 班分とれる。

☐ 35mm×25mm, 0.02mm 厚のポリ袋で約 3 g なので, 1 枚から 10 班分とれる。



★教員用

☐ 生徒用と同じもの

(1) 前日まで

○材料や器具の確認・調達を行う。

○孔雀石を細かい砂状に細かく砕く。鉄製乳鉢・乳棒がない場合は、新聞紙で孔雀石をはさみ、ハンマーで叩いて砕く。ある程度小さくなったら乳鉢ですりつぶす。



始めはがんがんに叩いて砕く

ある程度細かくなったらすり潰す

細かい砂状にする

(2) 実験当日

材料や器具の分配を行う。孔雀石は生徒にはかりとらせてもよいが、あらかじめプラスチックカップや薬包紙にとってから配ると、時間短縮できる。

◎観察，実験

観察，実験の流れ

□導入（5分）

- ＊導入のポイント及び例を参照
- ＊目的を理解させる

□観察，実験（25分）

- ＊手順を指導する
 - ・試験管に孔雀石・ポリエチレン袋を入れ，脱脂綿で栓をする
 - ・試験管をスタンドに固定し，加熱する
 - ・反応後の物質の性質（金属光沢・電気伝導性）を調べる
- ＊安全面を指導する（留意点の安全面を参照）
- ＊操作は必ず全員で分担して行うように指導する
- ＊机間指導を行いながら，生徒への実験のアドバイスや注意を促す

□考察，まとめ（10分）

□後片付け（5分）

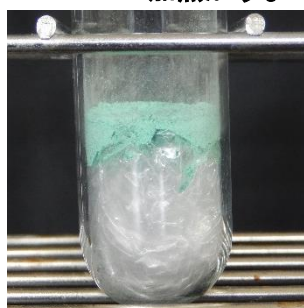
手順

時間のめど（およそ 20 分）

- ① 試験管にポリエチレンの袋を入れ，ガラス棒で底に押し込む。
- ② 砕いた孔雀石を薬包紙に移し，①の試験管に入れる。
- ③ 試験管の口に脱脂綿を入れる。
- ④ 試験管の口を少し下げてスタンドに固定し，ガスバーナーに火をつけて加熱する。火の中心が孔雀石に当たるようにする。

注意！ 固体試料を加熱する場合は，液体が生じる場合があるため試験管の口が少し下になるように固定で行う。試験管の口を上にとすると，生じた液体が加熱部分に流れ，急冷されて試験管が破損する場合がある。

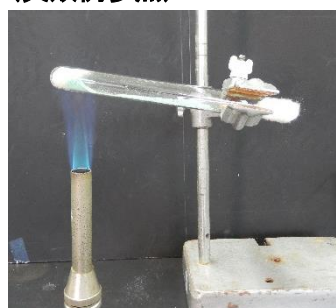
ポイント！ 火の当たる中心が底のポリエチレンの袋部分ではなく，その上の孔雀石の部分にすると，加熱がうまく進みやすい。（失敗例参照）



①②



③



④－ 1



④－ 2

- ⑤ 孔雀石の色が緑色から黒色，さらに銅色に変化する。ポリエチレンが融解し液状になるが，それが試験管の底周辺では完全に見えなくなったら火を消す（試験管の口の方に流れ出したもしくは蒸発したポリエチレンが再び凝縮，凝固し白色から薄黄色の物質になるが，それはそのままでもよい）。



⑤

- ⑥ しばらくそのまま置き冷ました後に、試験管ばさみで試験管をはさみ、試験管の内容物をろ紙上に取り出す。

注意！すぐに取り出すと取り出した銅が熱いためろ紙が燃焼する。



⑥－１



⑥－２

- ⑦ 取り出した内容物を葉さじでこすり、金属光沢を確認する。⑧の電気伝導性を確認する際に塊を使用したいので、葉さじでこするのは粉末状のものもしくは小さめの塊をこするようにする。ろ紙にバターを塗るように葉さじで力を加えてこすりつける。

- ⑧ リード線１→電子オルゴール→リード線２→電池（電池ボックス）→リード線３とつなぎ回路を作り、内容物の中で少し大きめの塊を見つけ、端のリード線を塊に付け、電気伝導性を確認する。



⑦－１



⑦－２



⑧

考 察

次の点などについて、考察させ、プリントに記入もしくは発表させる。

- ① 色の変化から、孔雀石がどのように変化していったと考えられるか。
- ② 化学は日常生活にどんな役割を果たしているか。

まとめ

以下の視点を参考に、まとめを行う。

- ① 孔雀石から銅を取り出すことができた。
- ② 還元という化学的手法で石から銅を取り出すことから、化学と日常生活との関係が実感できた。

後片付け

生徒に次のように指示する。

○脱脂綿、葉包紙、ろ紙は燃えるゴミ、得られた銅は、燃えないゴミとする。

○試験管はクレンザーを用いて洗う。汚れが落ちきらないものは、その状態で回収する。**汚れが落ちないことが多いので、「孔雀石実験用」とする。**

○葉さじ、ガラス棒は洗う。

○それ以外はそのまま回収する。

失敗例

●状態 得られた銅が少ない。

原因 ポリエチレン側を加熱してしまった。

孔雀石をまず酸化銅(Ⅱ)に変えなければならないため、試験管の底のポリエチレンではなくポリエチレンより口側にある孔雀石に直接ガスバーナーの火が当たるようにする。そのようにすると、まず、孔雀石が黒くなり(酸化銅(Ⅱ)になる)、その頃にポリエチレンも融解し始めるので還元がうまく進む。

別 法

別法① 還元剤として炭素を使用し、るつぼを用いてガスバーナーで強熱を加える。

別法② 酸化銅(Ⅱ)を還元する。この場合水は生じないので、試験管の口を上にした方が、ポリエチレンがうまく作用する。この場合、ポリエチレンの量は 0.1 g 程度でよく、発生する刺激臭のある気体も少量で済む。

別法③ 酸化銅(Ⅱ)をメタノール(またはエタノール)で還元する。

2

亜鉛めっきと黄銅
～めっきと合金～化学と人間生活との
かかわり

物質の探究

物質の構成粒子

物質と化学結合

物質と化学反応式

化学反応

巻末資料

難易度	教材の入手日数	準備時間	実施時間
★☆☆	1 ヶ月	1 時間	40 分

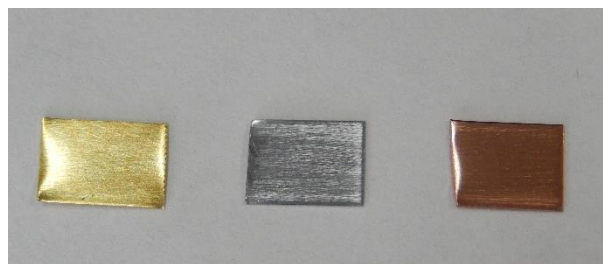
目的と内容

銅板の、銅→銀→金への変化から、化学への興味・関心を高めるとともに、めっきや合金から化学と日常生活との関係を実感する

「生活を支える物質として、その特性を生かして使われている金属やプラスチックが様々な化学の研究成果に基づいて製造されていることや再利用されていることを学び、物質を対象とする学問である化学への興味・関心を高め、化学の学習の動機付けとすること」がこの単元の主なねらいである。

この単元を、化学基礎の導入として位置付けていることを踏まえ、化学への興味・関心を高める視点で取り扱わなければならない。日常生活や社会を支える身近な物質を取り上げて、化学が人間生活に果たしている役割について扱い、以後の学習に生徒が意欲的に取り組めるように学習の展開を工夫することが重要である。

ここでは、古くから人間の生活を支えてきた金属のなかでも合金である黄銅を作ることを通して、化学への興味・関心を高め、化学の学習の動機づけとなるようにする。



既習事項

小学校：5年生の「物の溶け方」
中学校：1年生の「物質のすがた」「水溶液」
2年生の「物質の成り立ち」

中学校1年生で、身の回りの物質をその性質の違いから分類することを学んでいる。金属については、電気伝導性、熱伝導性、金属光沢、展性、延性について学んでいる（用語については電気伝導性のみ）。実験では、電気を通してみる、磁石につけてみる、金属を紙やすりで磨いてみる、金槌でたたいてみる、湯につけて熱の伝わり方をみるなどを行っている。

留意点

【指導面】

○化学に対する興味・関心を高めることが主なねらいなので、原理については簡単に触れる程度にとどめる。金属の特徴を生かして加工され、利用されていることが、化学に関する先人の研究成果であることに気付かせる。

○めっきについて

物体の表面を、他の金属または合金の薄膜で覆うことをめっきという。めっきは、下地の金属を腐食から保護したり、装飾用として利用したりするために行われる。

トタンは鉄（鋼板）の表面に亜鉛めっきを施したもので、建築物に用いられる。鋼鉄は硬いという利点に対し、さびて腐食しやすいという欠点をもつ。亜鉛めっきを行うことで、鉄がさびるのを防ぐことができ、鋼鉄の利点を生かし、建築物に用いることができるようになる。

○合金について

銅は軟らかくて、十分な強度が出せないので、合金の形で使用する（「[1](#)孔雀石から銅を取り出す」の留意点を参照）。この実験では、銅と亜鉛の合金である黄銅を生成する。黄銅は銅に亜鉛（30～40％）を含む合金で、適当な硬さをもち、加工性がよいため、家庭用具や楽器などに広く使われる。

○本実験は、生徒が、実験に慣れていない時期に行うことが考えられる。操作の仕方や安全面など「当たり前」と思われることにも注意する必要がある。特に、ガスバーナーを用いて加熱するので、ガスバーナーの使い方の確認や、やけどへの注意などに留意する必要がある。

○この実験は、「物質と化学結合」の「金属と金属結合」で実施してもよい。その場合、単元のおもなねらいは「金属結合は自由電子が介在した結合であることや、金属結合でできた物質の性質を理解させること」となる。融解した金属に他の金属元素や非金属元素の単体を混合することで、金属単体にはない性質を持つ合金になることを理解させる。

○今回の実験について

亜鉛粉末を水酸化ナトリウム液に浸し加熱し、それに、銅板を浸すことで銅板に亜鉛めっきがほどこされ、亜鉛色の銀色になる。さらに、これを加熱することにより、銅と亜鉛が混じり合い、表面に合金である黄銅が生成する。

【安全面】

○水酸化ナトリウムは皮膚を侵す。特に目に入ると失明する恐れがあるので、必ず保護めがねを着用させる。手などについた場合はよく洗うように指導する。加熱の際は、弱火にし、激しく沸騰させないように注意する。また、加熱中、蒸発皿の中をのぞき込まないよう指導する。

○亜鉛は濡れていると自然発火することもあるので、亜鉛を紙で包むことは絶対にしない。

○ガスバーナーを使用するので、やけどに気を付けさせる。

【後処理】

- 亜鉛は重金属であるので下水に流さないように注意する。
- 亜鉛と水酸化ナトリウム水溶液の入った蒸発皿は、そのまま次のクラスに使用できるので、そのまま回収する。最後のクラスが終わったら、亜鉛廃液として回収する。【安全面】でも触れたが、亜鉛は濡れていると自然発火することもあるので、亜鉛を紙で包むことは絶対にしない。
- すべてのクラスで実験が終わったら、廃液は亜鉛廃液として分別回収し、貯留しておき、専門業者に廃棄を委託する。亜鉛粉末も廃液と一緒に回収して廃棄するか、再利用する場合は、ろ過を行い、得られた亜鉛粉末を水で洗浄し、乾燥させると再利用できる。ただし、前述のように濡れていると危険なので十分注意が必要である。

導 入

【ポイント】

- めっきや合金への興味・関心を高める。
- 化学と日常生活の関わりを感じさせる。

【導入例】

- 身近なめっき製品（ブリキやトタンなど）や合金製品（硬貨、ステンレス鋼製の水道のシンク、ネオジム磁石など）を見せる。
- 最初に、この実験によってできた、金色・銀色・銅色の金属片を見せ、それぞれ何か発問する。

◎準備

準備の流れ

1ヶ月前～

(発注, 調製, 代替の検討時間含む)

- ☐ 材料の準備
- ☐ 実験室の備品確認

～前日

- ☐ 材料の確認
- ☐ 銅板をカットする
- ☐ 水酸化ナトリウム水溶液の調製
- ☐ 器具・教材の分配

当日

- ☐ 器具・教材の分配

必要な材料・器具・薬品

準備で必要なもの

銅板, 金切りばさみ, 水酸化ナトリウム, 蒸留水, 電子天秤, 薬包紙, 薬さじ, メスシリンダー

銅板の必要量 1 班 3 枚で考えると $3 \text{ 枚/班} \times (\quad) \text{ 班} = (\quad) \text{ 枚}$

1 人 3 枚で考えると $3 \text{ 枚/人} \times (\quad) \text{ 人} = (\quad) \text{ 枚}$

となる。1 班 3 枚の場合は少し大きめにし, 1 人 3 枚の際は小さめにする。

予算と人数に応じて考える。

1 班 3 枚の場合は $12 \times 50 \times 0.5 \text{ mm}$ の銅板を 6 等分以上の大きさが望ましい。

水酸化ナトリウム水溶液の必要量

2 クラス目以降は足しながら用いるため, 1 班 20 mL は必要ない。最初のクラスのみ 20 mL で後のクラスは 10 mL 程度で考えるとよい。

$20 \text{ mL/班} \times (\quad) \text{ 班/初回のクラス} + 10 \text{ mL/班} \times (\quad) \text{ 班/2 回目以降のクラス} = (\text{X}) \text{ mL}$

X mL の 20% 水酸化ナトリウム水溶液を調製するのに必要な水酸化ナトリウムはおおよそ,

$X \times 20 / 100 = (\quad) \text{ g}$

当日必要なもの

[器具] ビーカー, 蒸発皿, ピンセット, プラスチックカップ, 三脚, 金網, ガスバーナー, 着火器具, ゴム手袋, 保護めがね

[薬品] 銅板, 亜鉛粉末, 水酸化ナトリウム水溶液

亜鉛粉末の必要量 $2 \text{ g/1 班} \times 1 \text{ クラスで最大の} (\quad) \text{ 班} = (\quad) \text{ g}$

亜鉛粉末は再利用できるので一クラス分あれば間に合う。

☆教材の入手方法

①銅板

理科消耗品カタログなどで購入可能

12×50×0.5mm が 25 枚で 1,300 円程度から
ホームセンターでも購入可能。ただし，加工が必要になる。

約 100×365×0.5mm で 800 円程度

※ 銅製品であれば代用可能

例 導線の被膜をはがして中の銅線

銅針金（100 円ショップなどで購入可能）

②亜鉛粉末

理科消耗品カタログで購入可能 500g で 3,500 円程度

③水酸化ナトリウム

理科消耗品カタログで購入可能 500g で 1,800 円程度

⑤プラスチックカップ ※なくてもよいが，実験の試料配付に便利

インターネットでも購入可能 本体 50 個で 450 円程度

ふた 50 個で 300 円程度

100 円ショップなどでも購入可能 ふたつき 7 個で 108 円



①12×50×0.5mm



④

当日のセット

☆生徒用

[薬品]

☐ 200mL ビーカー	1 個
☐ 50mL ビーカー（水酸化ナトリウム水溶液用）	1 個
☐ 蒸発皿（できれば平底）	1 個
☐ ピンセット	1 個
☐ ろ紙	1 枚
☐ 紙	1 枚
☐ プラスチックカップ小	1 個
☐ 三脚	1 個
☐ 金網	1 個
☐ ガスバーナー	1 台
☐ 着火器具	1 個
☐ ゴム手袋	1 ～人数分
☐ 保護めがね	人数分

[薬品]

☐ 銅板	3 ～人数分
☐ 亜鉛粉末	約 2 g
☐ 20%水酸化ナトリウム水溶液	約 20mL

★教員用

☐ 生徒用と同じもの

☐ 蒸発皿は、水酸化ナトリウム水溶液を加熱するため、倒れると危険である。平底の方が安定するが、丸底でもよい。

☐ ろ紙は、金属板を置くのに用いるため、金属板を何枚用いるかによって大きさ、枚数を調節する。

☐ 紙は、めっき後金属板を拭くのに用いる。ろ紙同様、金属板を何枚用いるかによって枚数を調節する。

☐ 銅板の枚数は、「必要な材料・器具・薬品」を参照。

☐ 亜鉛は砂状、顆粒状、粒状でも可能であるが、粒子が大きいほど、めっきにかかる時間が長くなる。また、大きい粒の場合、めっきが薄くなる場合もある。銅板の色の変化が見やすく、めっきがしやすいのは顆粒状のものである。亜鉛は、再利用できるので、初回のクラスのみプラスチックカップで配付するが、他のクラスは蒸発皿に水酸化ナトリウムと一緒にになった状態で配付する。

☐ 水酸化ナトリウム水溶液の濃度は 2 % 以上であればめっきはできる。安全面から考えると濃度は小さいほうが良いが、その場合、加熱の際に亜鉛粉末が対流し、銅板が隠れてしまい、色の変化を確認できなくなる。濃度を薄くする場合は、亜鉛は砂状や顆粒状のものであるほうが色の変化を確認しやすい。また、濃度が薄い場合は時間もかかるので、沸騰に注意する。

(1) 前日まで

- 材料や器具の確認・調達を行う。
- 銅板を人数分カットしておく。銅板がさびている場合、サンドペーパーをかける。準備で行っても、生徒にやらせてもよい。
- 水酸化ナトリウム水溶液を調製する。
- 亜鉛粉末をはかりとる。

(2) 実験当日

- 材料や器具の分配を行う。



◎観察，実験

観察，実験の流れ

□導入（5分）

- ＊導入のポイント及び例を参照
- ＊目的を理解させる

□観察，実験（20分）

- ＊手順を指導する
 - ・亜鉛粉末と水酸化ナトリウム水溶液を蒸発皿に取り，加熱する
 - ・沸騰したら銅板を入れ，亜鉛めっきを施す
 - ・亜鉛めっきされた銅板を加熱し黄銅にする
- ＊安全面を指導する（留意点の安全面を参照）
- ＊操作は必ず全員で分担して行うように指導する
- ＊机間巡視を行いながら，生徒への実験のアドバイスや注意を促す

□考察，まとめ（10分）

□後片付け（5分）

手順

時間のめど（およそ 15 分）

- ① 蒸発皿に亜鉛粉末を入れる。そこに約 20%水酸化ナトリウム水溶液を蒸発皿の半分以下になるように入れる。

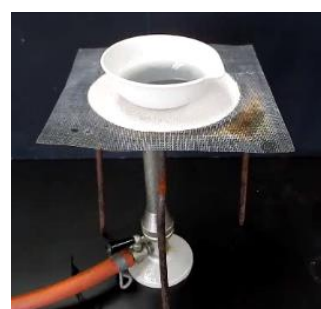
注意！ 蒸発皿の大きさにより，20mL すべて入れると半分以上になる。危険な水酸化ナトリウム水溶液を加熱するので，半分以上にならないように調節する。



①

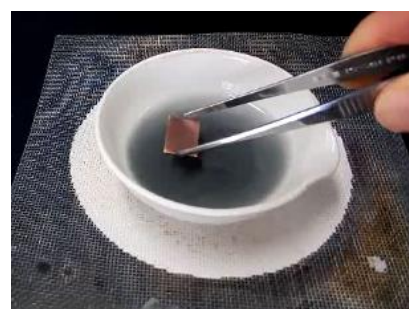
- ② 亜鉛粉末の入った蒸発皿を金網の上に載せ，ガスバーナーで加熱する。火は弱火にする。

注意！ ブクブク沸騰させると水酸化ナトリウムが飛び散るので，必ず弱火にし，沸騰したらガスバーナーを離すなどして調節する。



②

- ③ 沸騰してきたら，銅板を一人 2 枚ずつ入れる。班員分一度に入れても問題は無い。



③

- ④ 銅板が銀白色に変化するので（10 秒程度），ひっくり返して両面とも銀白色になったら取り出し，水を入れたビーカーに入れて洗う。銅板に亜鉛粉末がついている場合は，水道水で洗い取り除く。

注意！亜鉛は重金属なので，できるだけ水に流さないように注意する。

ポイント！この濃度の水酸化ナトリウム水溶液であれば，ひっくり返さなくても両面とも亜鉛めっきができるが，ひっくり返して確認すること。



④－ 1



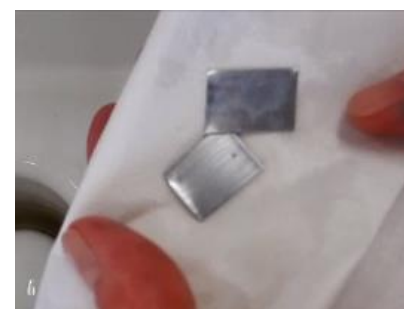
④－ 2



④－ 3



④－ 4



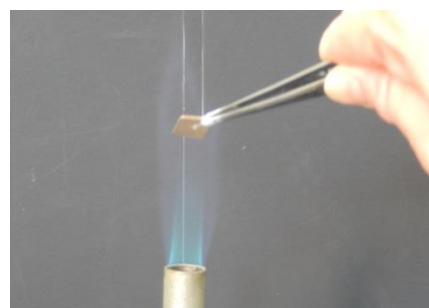
④－ 5

- ⑤ 亜鉛めっきされた二枚の銅板のうち 1 枚をピンセットでもち，ガスバーナーの火にかざして色の変化を見る。金色になったら加熱をやめる。

注意！加熱直後の金属板は熱いので，触らない。

ポイント！加熱しすぎると光沢が失われるので，動かしなが
ら軽くあぶるように加熱する。

ポイント！できた 3 枚の金属板は実験プリントなどに貼ると
よい。



⑤

考 察

次の点などについて考察させ，プリント記入もしくは発表させる。

- ① 色の変化から，銅板がどのような物質に変化していったと考えられるか。
- ② 化学は日常生活にどんな役割を果たしているか。

まとめ

以下の視点を参考に，まとめを行う。

- ① 銅板に亜鉛めっきができた。
- ② 2 種類以上の金属から，もとの性質と異なる合金が得られることが分かった。
- ③ 化学と日常生活との関係が実感できた。

後片付け

生徒に次のように指示する。

○亜鉛粉末と水酸化ナトリウム水溶液が入った蒸発皿はそのまま回収する。

○亜鉛めっきをした銅板を洗ったビーカーの水は、上澄みを水道に捨て、底にある亜鉛は、少しの水とともに亜鉛廃液として回収する。

○余った水酸化ナトリウム水溶液はビーカーごとそのまま回収する。

○ピンセットは水で洗う。

失敗例

●状態1　きれいにめっきができなかった。

原因1　めっき時間が短かった。

完全に銀色になるまで加熱する。

原因2　銅の表面が酸化していた。

銅板の表面が、きれいな銅色の金属光沢が見られる状態になるようにサンドペーパーをかける。

●状態2　きれいな金色の合金にならなかった（金属光沢が少ない。茶色がかっている）。

原因　加熱しすぎ。

動かしながら、軽く炎に当てるように加熱する。色が変わり始めたら特に慎重に行う。

●状態3　部分的に黒ずんだ色になった。

原因1　状態1の原因2と同様

原因2　めっきを施した銅板を洗う際、亜鉛粉末が付着していた。

表面から、亜鉛粉末がなくなるまで、よく洗う。

別　法

別法①　マッフルを用い、亜鉛と銅を強熱で融解し、混ぜ合わせる。

別法②　70%以上の塩化亜鉛水溶液を用い、試験管内でめっきを行う。

亜鉛粉末と70%以上の塩化亜鉛水溶液を試験管に取り、ガスバーナーで加熱する（突沸しないように注意する）。沸騰したら、銅線を入れる。液につかった部分が銀白色になったら、取り出し水で洗う。銅板同様、直火で加熱し、黄銅にする。このとき、銅線の先の方のみを加熱すると、合金部分の金色・めっき部分の銀色・銅線そのままの銅色の3色が得られる。銀色部分を全体的に加熱してしまうと、合金部分と銅そのままの2色になる。

この方法では、数本の銅線をめっきする際、一度にめっきすることは難しいので、同じ試験管を用い、銅線だけ変えてめっきを行う。水溶液は亜鉛イオンを含む廃液になるので、下水に流さないように注意する。

3

ナイロン66の合成 ～繊維の合成～

化学と人間生活との
かかわり

物質の探究

物質の構成粒子

物質と化学結合

物質と化学反応式

化学反応

巻末資料

難易度

教材の入手日数

準備時間

実施時間

★☆☆

1 ヶ月

1 時間

35 分

目的と内容

薬品から合成繊維を作り出すことで、
化学と日常生活との関係を実感する

「生活を支える物質として、その特性を生かして使われている金属やプラスチックが様々な化学の研究成果に基づいて製造されていることや再利用されていることを学び、物質を対象とする学問である化学への興味・関心を高め、化学の学習の動機付けとすること」がこの単元の主なねらいである。

この単元を、化学基礎の導入として位置付けていることを踏まえ、化学への興味・関心を高める視点で取り扱わなければならない。日常生活や社会を支える身近な物質を取り上げて、化学が人間生活に果たしている役割について扱い、以後の学習に生徒が意欲的に取り組めるように学習の展開を工夫することが重要である。

ここでは、薬品から合成繊維を作ることにより、生徒の興味関心を高め、化学と日常生活との関係を実感させる。



既習事項

小学校：5年生の「物の溶け方」

中学校：1年生の「物質のすがた」「水溶液」

2年生の「物質の成り立ち」

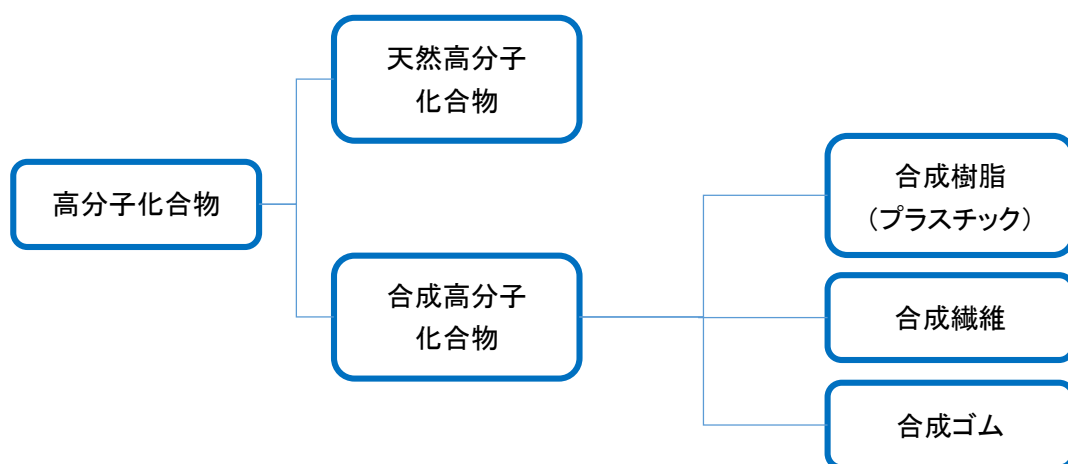
中学校1年生の「物質のすがた」では、物質を金属と非金属にわけ、非金属の一つとしてプラスチックを取り扱っている。軽い、さびない、衝撃に強いなどのプラスチックの性質について学習している。ポリエチレン（PE）、ポリエチレンテレフタレート（PET）、ポリ塩化ビニル（PVC）、ポリスチレン（PS）、ポリプロピレン（PP）を密度や加熱したときの様子の違いから区別する実験を行っている。また、ペットボトルから繊維を作る実験も教科書に掲載されている。

留意点

【指導面】

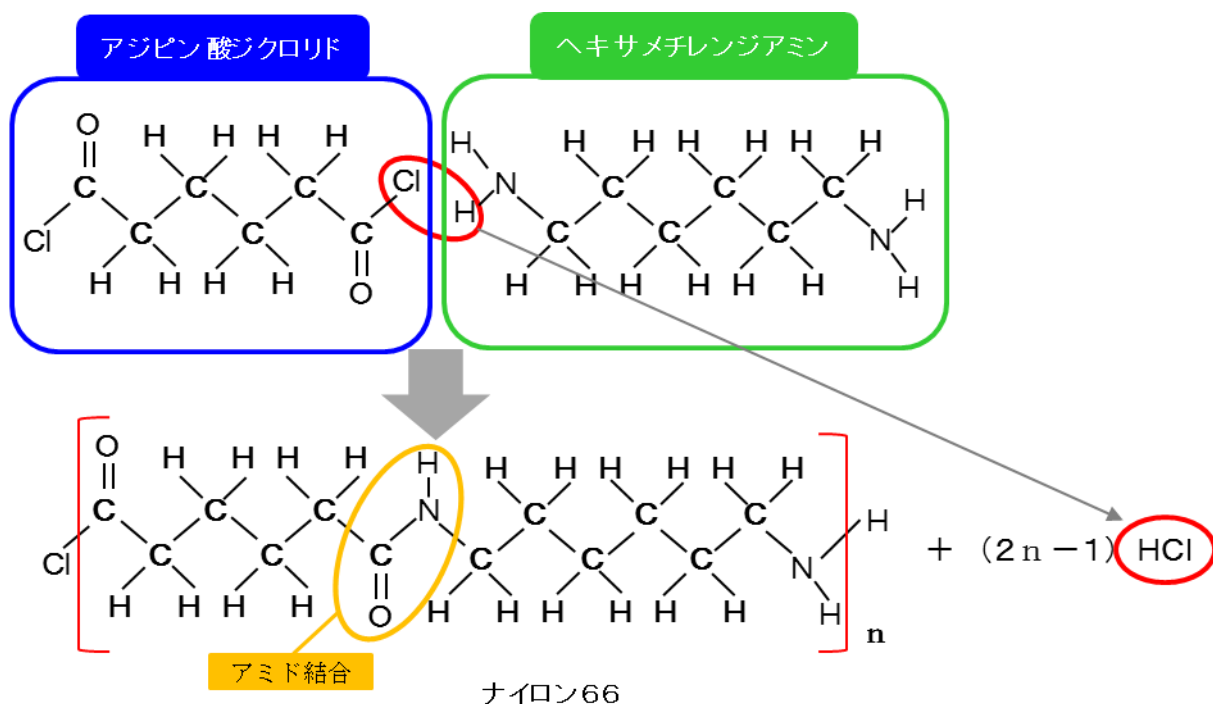
○化学に対する興味・関心を高めることが主なねらいなので、原理については簡単に触れる程度にとどめる。身の回りにある合成高分子に気付かせ、それらが化学の先人の研究成果によって作られたものであることから、化学が人間生活に果たしている役割について触れる。

○分子量が約1万以上の分子からなる物質を高分子化合物という。石油などを原料として、人工的に化学的な方法で作られた高分子化合物を合成高分子化合物という。合成高分子化合物は、密度が小さい、腐食しにくい、加工しやすい、などの利点が多く、生活のいたるところで使われている上、新しい機能をもったプラスチックも開発されている。その反面、自然界では分解されにくいといった欠点がある。再利用法など化学にさらなる期待が寄せられている。



○今回の実験について

合成繊維の一つである、ナイロン66の生成を行う。ナイロン66はアジピン酸とヘキサメチレンジアミンから作られる。実験室では、反応性を高めるため、アジピン酸ジクロリドを用いる。アジピン酸溶液とヘキサメチレンジアミン溶液の境界面で重合し、ナイロンが作られる。



【安全面】

- ヘキサンは有毒であり，引火性もあるので，吸い込まないように気を付け，換気を十分に行いながら行う。
- ヘキサンなどは劇物であるので，保護めがね，手袋を着用し直接触れないようにする。万一，触った場合は，ただちに水でよく洗うよう指導する。

【後処理】

- 残った溶液は有機廃液として回収し，貯留しておき，専門業者に廃棄を委託する。

導 入

【ポイント】

- 合成繊維やプラスチックに興味・関心を高める。
- 化学と日常生活とのつながりを感じさせる。

【導入例】

- プラスチック製品がないと日常生活はどうなるか発問する。
- 身近なプラスチック製品を例示させる。

◎準備

準備の流れ

1ヶ月前～

(発注, 調製, 代替の検討時間含む)

- ☐ 材料の準備
- ☐ 実験室の備品確認

～前日

- ☐ 材料の確認
- ☐ ヘキサメチレンジアミンを砕く
- ☐ 器具・教材の分配

当日

- ☐ 器具・教材の分配

必要な材料・器具・薬品

準備で必要なもの

なし

当日必要なもの

〔器具〕 ビーカー, 試験管, 駒込ピペット, ガラス棒, ピンセット, プラスチックカップ, 洗浄瓶, 手袋, 保護めがね

〔薬品〕 水酸化ナトリウム, ヘキサメチレンジアミン, ヘキサン, アジピン酸ジクロリド, エタノール

溶液の必要量 ヘキサン 10mL/1班 × () 班 = () mL

 エタノール 20mL/1班 × () 班 = () mL

 アジピン酸ジクロリド 1mL/1班 × () 班 = () mL

☆教材の入手方法

①ヘキサメチレンジアミン (1,6-ヘキサレンジアミン) $\text{NH}_2(\text{CH}_2)_6\text{NH}_2$

理科消耗品カタログ等で購入可能 25mL で 2,500 円程度

②ヘキサン $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}_3$

理科消耗品カタログ等で購入可能 500mL で 1,500 円程度

③アジピン酸ジクロリド (アジピン酸クロリド, 塩化アジポイル)

$\text{ClCO}(\text{CH}_2)_4\text{COCl}$

理科消耗品カタログ等で購入可能 25g で 10,800 円程度

※実験では, 反応性を高めるために, アジピン酸ではなく, アジピン酸ジクロリドを使用する。



③

当日のセット

☆生徒用

[器具]

☐ 50mL ビーカー	1 個
☐ 50mL ビーカー (ヘキサン)	1 個
☐ 200mL ビーカー (エタノール)	1 個
☐ 試験管	1 本
☐ 2mL 駒込ピペット	1 本
☐ ガラス棒	1 本
☐ ピンセット	1 本
☐ プラスチックカップ (水酸化ナトリウム, ヘキサメチレンジアミン)	2 個
☐ 洗浄瓶 (蒸留水)	1 個
☐ 保護メガネ	人数分
☐ 手袋	1 ～人数分

[薬品]

☐ 水酸化ナトリウム	1 粒
☐ ヘキサメチレンジアミン	1 g
☐ ヘキサン	10mL
☐ アジピン酸ジクロリド	1 mL
☐ エタノール	20mL
☐ 蒸留水	洗浄瓶 1 本

- ☐ ビーカーは他の大きさでも構わない。
- ☐ 試験管は、ナイロンを巻き取るために用いるため、直径の太いものの方が使用しやすい。



★教員用

- ☐ 生徒用と同じもの

(1) 前日まで

- 材料や器具の確認・調達を行う。
- ヘキサメチレンジアミンは瓶の中で大きな結晶になっている場合があるので、事前に砕いておく。

(2) 実験当日

- 材料や器具の分配を行う。
 - ・ヘキサメチレンジアミンは、空気に触れると二酸化炭素と反応し、炭酸塩を作るため、直前に分配する。
 - ・水酸化ナトリウムは潮解性があり、空気中の水分を吸収し溶けるので、直前に分配する。
 - ・ヘキサン 10mL は揮発性なので、直前に分配する。

◎観察，実験

観察，実験の流れ

□導入（5分）

- *導入のポイント及び例を参照する
- *目的を理解させる

□観察，実験（20分）

*手順を指導する

- ・A液（水層：水＋水酸化ナトリウム＋ヘキサメチレンジアミン）を作る。
- ・B液（油層：ヘキサン＋アジピン酸ジクロリド）を作る。
- ・A，B液を合わせ，試験管に糸を巻き付け，エタノールで洗う

*安全面を指導する（留意点の安全面を参照）

*操作は必ず全員で分担して行うように指導する

*机間巡視を行いながら，生徒への実験のアドバイスや注意を促す

□考察，まとめ（5分）

□後片付け（5分）

手順

時間のめど（およそ15分）

注意！ヘキサンは有毒で，引火性もあるので，窓や戸を開け，換気扇を回すなど十分に換気を行うこと。
生徒には，保護メガネと手袋を着用させるとともに，吸い込まないように注意をする。

- ① 50mL ビーカーに蒸留水をビーカーの目盛り 20mL まで入れる。この中に，水酸化ナトリウム 1 粒を加え，攪拌し溶かす。そこに，ヘキサメチレンジアミン 1 g を加え，攪拌し溶かす。（A液）
- ② ヘキサンが入っているビーカーに，駒込ピペットで 1mL 量りとったアジピン酸ジクロリドを加えて溶かす。アジピン酸ジクロリドが溶け残る場合がある。（B液）



①（A液）



②（B液）

- ③ A液にB液をガラス棒に伝わらせて静かに加える。溶け残ったアジピン酸ジクロリドは下に沈むので，その場合は，溶け残りは加えず，上澄み（無色透明な溶液）を加える。

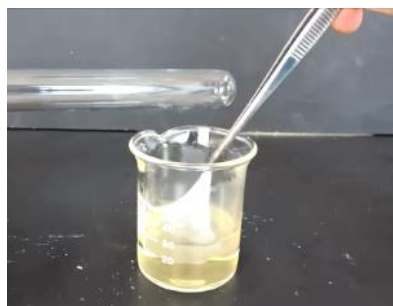


③－1



③－2

④ ③でA液とB液の境界面に生じる膜を、ピンセットで静かに引き上げ、試験管に巻き付ける。



④－１



④－２



④－３

⑤ できたナイロンをビーカーに入れたエタノールで洗った後、水道水で洗い、乾燥させる。



⑤－１



⑤－２



⑤－３

考 察

「合成繊維の利点は何か」などについて、考察させ、プリントに記入もしくは発表させる。

まとめ

以下の視点を参考に、まとめを行う。

- ① ヘキサメチレンジアミンとアジピン酸ジクロリドから合成繊維を作ることができた。
- ② 合成繊維は化学薬品から作られていることから、化学と日常生活との関係が実感できた。

後片付け

- 溶液は有機廃液として回収する。
- 使用したビーカーや試験管などは、食器用洗剤で洗う。

失敗例

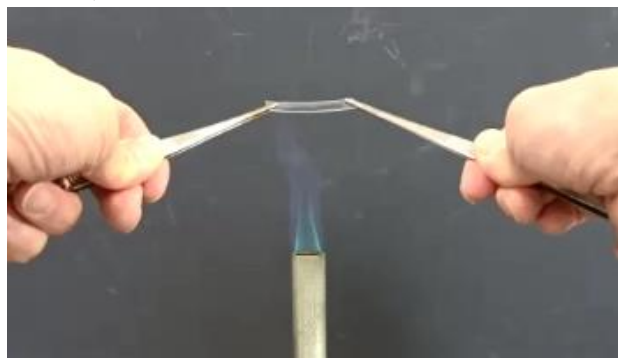
状態 作成した繊維がボロボロになった。

原因 ヘキサンへ溶け切らなかったアジピン酸ジクロリドを、A液に加えてしまった。

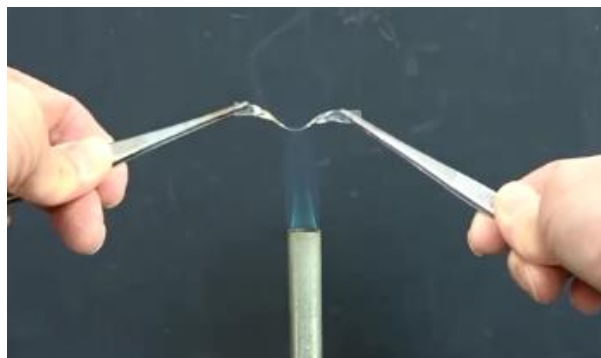
別 法

別法① ペットボトルを加熱し、引っ張って糸状にする。（P E T 繊維）

ペットボトルを細長く切り、ピンセットで両端を持つ。ペットボトル片の中央付近をガスバーナーで加熱し、十分に柔らかくなったら火から外し、両方向に引っ張る。このとき、加熱しすぎるとペットボトル片が二つに分かれてしまう（図別法①－5）。その際は、それぞれの端を加熱し、くっつけてから引っ張るとよい。



別法①－1



別法①－2



別法①－3



別法①－4



別法①－5

4

サインペンの色素の分離
～ペーパークロマトグラフィー～化学と人間生活との
かかわり

物質の探究

物質の構成粒子

物質と化学結合

物質と化学反応式

化学反応

巻末資料

難易度	教材の入手日数	準備時間	実施時間
★☆☆	1 日	1 時間	50 分

目的と内容

身近な物を用いてサインペンの色素を分離することで、
混合物の分離方法について理解を深めるとともに、化学への興味・関心を高める

「物質の分離・精製や元素の確認などの観察，実験を行い，化学的に探究する方法の基礎を身に付けさせるとともに，粒子の熱運動と三態変化との関係などについて理解させ，物質についての微視的な見方や考え方を育てること」がこの単元の主なねらいである。また，「身近な物質を取り上げ，物質の分離・精製や元素の確認などの実験を通して，単体，化合物，混合物について理解させるとともに，基本的な実験操作及び物質を探究する方法を身に付けさせること」がねらいである。

ここでは，ペーパークロマトグラフィーで，水性ペンの色の分離を行い，物質の分離方法と原理や単体，化合物，混合物について理解させる。また，薬品を用いず，身近な物を利用して実験を行うことで，興味・関心を高める。



既習事項

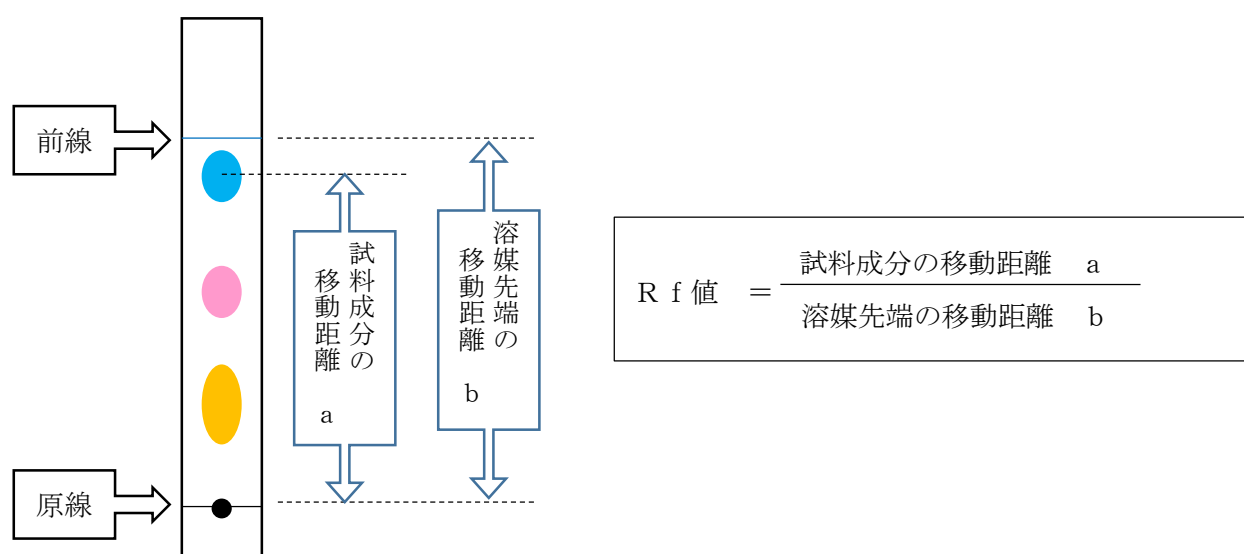
小学校：5年生の「物の溶け方」
中学校：1年生の「物質のすがた」「水溶液」
2年生の「物質の成り立ち」

小学校5年生では，食塩水から水を蒸発させて食塩を取り出す実験を行っている。中学校1年生ではコーヒーシュガーやデンプンを水に加え，水に溶ける物質の様子を観察し，それぞれの経過を行っている。また，硝酸カリウムの再結晶，赤ワインの蒸留を実験している。

留意点

【指導面】

○ろ紙などに吸着する力や、展開液への溶解度が異なるため、物質がろ紙などを移動する速さに違いが生じる。この性質の違いを利用して混合物を分離する方法をクロマトグラフィーといい、ろ紙を用いる方法をペーパークロマトグラフィー、薄層を用いる方法を薄層クロマトグラフィー、シリカゲルやアルミナゲルをガラス管に詰めたものを用いる方法をカラムクロマトグラフィーという。ペーパークロマトグラフィーでは、ろ紙に吸着しにくく、展開液への溶解度が大きいものほど移動が速く、原点から離れたところまで移動する。逆に、ろ紙に吸着しやすく、展開液への溶解度が小さいものほど移動が遅く、原点から遠くまでは移動できない。試料成分の移動距離を溶媒先端の移動距離で割った物をR f 値といい、R f 値は成分、溶媒、吸着剤が同じであれば同じ値を示す。つまり、物質固有の値であるので、R f 値から、成分を特定することができる。成分の色素の分離などに用いられ、生物領域では光合成色素の分離方法として用いられる。



○今回の実験について

ここでは、水性ペンの色素を分離する。ろ紙に吸着しにくく、水に溶けやすい色素ほど、移動が早く、原点から離れたところに移動する。使用されている色素はメーカーによって異なるため、水性ペンは複数のメーカーのものがあると面白い。なお、どの色を利用してもよいが、黒色は複数の色に分かれるためよい教材といえる。自分で色を重ねてもよい。特別な実験器具も薬品も使わず、家にあるものでできる実験であることから、化学への興味・関心を高めることができる。

また、展開時間を 30 分としているが、10 分程度でも色素の分離は確認できる。ただし、ろ紙やペンの種類にもよるが、色素をはっきり区別するには 20 分以上は必要である。展開を行っている間は、クロマトグラフィーの原理やR f 値の説明を行ったり、ろ過や試験管を用いた簡単な蒸留など、クロマトグラフィー以外の混合物の分離方法について、実験を行ったりするとよい。

【安全面】

○ペットボトルの切り口で手を切らないように注意させる。

【後処理】

なし

導 入

【ポイント】

- 分離の方法の原理は，物質固有の性質を利用していることに気付かせる。
- どのようにしたら色素を分離できるか疑問を喚起させる。

【導入例】

- 分離の方法と原理の確認を行い，ペンの色を混ぜて見せ，これを分離するにはどうしたらよいかと発問する。

例) 砂と食塩の混合物→ろ過→粒子の大きさ（水溶性）の違いで分ける。

食塩と水の混合物→蒸留→沸点の違いを利用して分ける。

色素の混合物→どうやって？→原理は？

- 身近な現象で，衣類についた食べ物のシミの様子を見せる。色が，中心付近と広がった部分で異なることから，ペーパークロマトグラフィーの原理を説明する。

◎準備

準備の流れ

1ヶ月前～

(発注, 調製, 代替の検討時間含む)

- ☐ 材料の準備
- ☐ 実験室の備品確認

～前日

- ☐ 材料の確認
- ☐ ペットボトル, ろ紙を切る
- ☐ 器具・教材の分配

当日

- ☐ 器具・教材の分配

必要な材料・器具・薬品

準備で必要なもの

1L ペットボトル, はさみ

当日必要なもの

[器具] 切った 1L ペットボトル, ろ紙, 水性ペン, 定規, 油性ペン, セロハンテープ

[薬品] なし

☆教材の入手方法

①ペーパークロマトグラフィー用ろ紙

理科消耗品カタログなどで購入可能

20×400mm 短冊 100 枚で 2,200 円程度

② 1L ペットボトル

生徒に持参させるか, スーパーマーケットのペットボトル回収箱から店員に断った上で入手するなどする。

当日のセット

☆生徒用

[器具]

- ☐切った1Lペットボトル 1個
- ☐ペーパークロマトグラフ 4枚程度
- イー用ろ紙 20×200mm
- ☐定規 1個
- ☐水性ペン（顔料以外） 4色程度
- ☐セロハンテープ 1個

[薬品]

水道水

★教員用

☐生徒用と同じもの

☐ペットボトルは1Lビーカーで代用可。このとき、割りばしを用いて、ろ紙をぶら下げるとよい。

500mL のペットボトルで1人1個で行ってもよい。

☐ろ紙は短冊型が無ければ、角形を用い、15～20×200mm に切って用いる。また、インクの吸取紙や、厚手のキッチンペーパー、コーヒーフィルターなどで代用可。1～4人班であれば、1人1枚として実験を行うとよい。

☐水性ペンは、顔料を用いているものを利用すると、乾燥すると水に溶けなくなるので、顔料の物は使用しない。

水性ペン、ペットボトルは生徒に用意させる。メーカーによって混合している色素が異なるので、いろいろなメーカーのペンがあると面白い。また、どの色でもよいが、1つは黒を用いるとよい。

(1) 前日まで

- 材料や器具の確認・調達を行う。
- ろ紙を切る。短冊 20×400mm のものであれば半分に、角形 400×400mm などであれば、1.5～2.0×20cm に切る。
- ペットボトルの底から約 20cm の所で切り分ける。



(2) 実験当日

- 材料や器具の分配を行う。

◎観察，実験

観察，実験の流れ

□導入（5分）

- *導入のポイント及び例を参照
- *目的を理解させる

□観察，実験（35分）

- *手順を指導する
 - ・ろ紙に水性ペンで点を打つ
 - ・水に浸し，観察する
- *安全面を指導する（留意点の安全面を参照）
- *操作は必ず全員で分担して行うように指導する
- *机間巡視を行いながら，生徒への実験のアドバイスや注意を促す

□考察，まとめ（5分）

□後片付け（5分）

手順

時間のめど（およそ 30 分）

- ① ろ紙の片側の端から 2 cm のところに鉛筆で線を引き（原線），その逆側 3 cm に折り目をつける。原線の真ん中にペンで点を打つ。展開した後に何色か分からなくなならないよう，反対側にも点を打つか色を記す。

ポイント！ 原点や，折り目の長さは，長さ 20cm のろ紙を 1L のペットボトルを用いて行う場合にちょうどよい長さとなっている。他の大きさの物を利用する際は，ろ紙が水を入れた容器の底に着かない長さになるように調節し，原点は水につからない位置にする。



- ② ペットボトルの切り取った上部を逆さにし，その外側に，①のろ紙を原線が下に垂れ下がるようにし，セロハンテープで貼る。このとき，試しにペットボトルの下にセットし，ろ紙が底や壁につかないかどうか確認する。つく場合は，調節してつかないようにする。



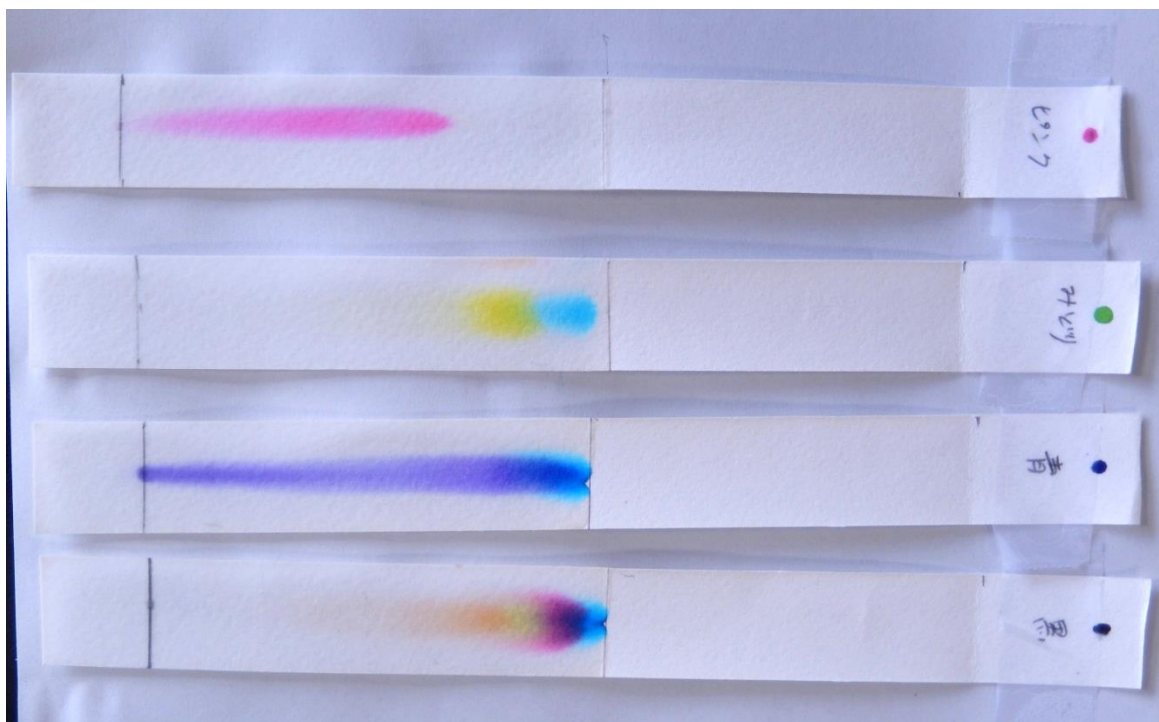
- ③ ②をペットボトルの下にセットした状態で、ろ紙の下端と原線との間に水位がくるように線を引く（今回の条件で行うとペットボトルの底から1 cm 程度が適した水位となる）。セットしたペットボトルの上部を取り外し、ペットボトルの下に、水位の線まで水を入れる。このとき、内壁に水がつかないように静かに入れる。



- ④ ②を③に静かにセットする。このとき、ろ紙がペットボトルの内壁に触らないようにする。



- ⑤ 展開していく様子を観察し、30 分程度静かに置く。30 分で8～9 cm 展開する。30 分経ったらろ紙を静かに引き上げ、前線を鉛筆で記す。



考 察

次の点などについて考察させ、プリント記入もしくは発表させる。

- ① 分かれた色素の位置から分かることは何か。
- ② ペーパークロマトグラフィーは物質のこういった性質を利用して分離する方法か。

まとめ

以下の視点を参考に、まとめを行う。

- ① ペーパークロマトグラフィーにより、水性ペンの色素を分離することができた。
- ② ペーパークロマトグラフィーの原理が分かった。

後片付け

生徒に次のように指示する。

- ろ紙は、プリントに貼るなどする。いらない場合は可燃ゴミとして捨てる。
- ペットボトルは水を捨て、回収する。

失敗例

●状態1 色素が曲がって展開した。

原因1 水に入れる際に、曲がって入れた。

ペットボトルの上部に垂直になるように貼り付け、液面に対しまっすぐになるように静かに入れる。

原因2 ペットボトルの内壁に水がついていて、そこにろ紙が触れた。

水を入れる際は、内壁に水がつかないように静かに入れる。

●状態2 色素が分離しなかった。

原因1 1種類の色素でできているペンであった。

いろいろな色やメーカーの異なるペンを試すようにする。

原因2 顔料インクの水性ペンであった。

ペンの成分を確認し、顔料のものは使用しない。

別 法

別法① 円形ろ紙を使用する。

円形ろ紙の中心から2 cm程度の所に円を描き、ろ紙をひだ折りにする（巻末資料参照）。もしくは、ひだ折りにしてから、各ひだごとに中心から2 cm程度の所に水性ペンで点を打っていく（この方法であれば、いろいろな色を用いることができる）。ビーカーに浅く水をいれ、色を付けたろ紙を、ひだ折りを少し開いた状態にして、中心が水につかるように入れる。

別法② 展開液を有機溶媒などにし、ゴム栓付大型試験管を用いて行う。

5

しょう油から食塩を分離する ～混合物の分離～

化学と人間生活との
かかわり

物質の探究

物質の構成粒子

物質と化学結合

物質量和化学反応式

化学反応

巻末資料

難易度	教材の入手日数	準備時間	実施時間
★☆☆	1 日	1 時間	40 分

目的と内容

しょう油から食塩を分離することで、混合物の分離方法について理解を深めるとともに、基本的な実験操作を身に付ける

「物質の分離・精製や元素の確認などの観察，実験を行い，化学的に探究する方法の基礎を身に付けさせるとともに，粒子の熱運動と三態変化との関係などについて理解させ，物質についての微視的な見方や考え方を育てること」がこの単元の主なねらいである。また，「身近な物質を取り上げ，物質の分離・精製や元素の確認などの実験を通して，単体，化合物，混合物について理解させるとともに，基本的な実験操作及び物質を探究する方法を身に付けさせること」がねらいである。

ここでは，身近な混合物としてしょう油を用い，混合物の分離方法のうち，抽出，ろ過，蒸発により食塩を取り出す実験を行うことにより，混合物，化合物，単体について理解させるとともに，ろ過等基本的な実験操作を身に付けさせる。



加熱前のしょう油



しょう油から取り出した食塩

既習事項

小学校：5年生の「物の溶け方」
中学校：1年生の「水溶液」「状態変化」
2年生の「物質の成り立ち」「化学変化」

小学校5年生では，食塩水から水を蒸発させて食塩を取り出す実験を行っている。中学校1年生ではコーヒーシュガーやデンプンを水に加え，水に溶ける物質の様子を観察し，それぞれのろ過を行っている。また，硝酸カリウムの再結晶，赤ワインの蒸留を実験している。

留意点

【指導面】

○混合物から目的とする純物質を取り出す操作を分離といい、取り出した物質から不純物を取り除いて、純度を高めることを精製という。分離・精製の方法と原理は以下の通りである。

分離方法	原 理
ろ過	粒子の大きさの違いによって、ろ紙の目を通り抜けられるものと通り抜けられないものに分離する。液体や液体に溶けるものは粒子が小さく、溶けないものは粒子が大きいため、溶ける固体と溶けない固体に分離する。
蒸留	沸点の違いを利用して、液体を含む混合物を加熱し、生じた蒸気を冷却して再び液体とし、目的の液体を分離する。
分留	沸点の違いを利用して、複数の液体を含む混合物を加熱し、蒸留によって各液体に分離する。
再結晶	温度による溶解度の違いによって、固体に含まれる少量の不純物を除く方法。
抽出	目的の物質を溶媒に溶かして分離する。
昇華法	加熱により固体が直接気体になり、その気体が冷却により直接固体になることを利用して分離する。
クロマトグラフィー	ろ紙などへの吸着力の違いを利用して分離する。

どの方法も、純物質には固有の性質があることを利用している。これにより、混合物と純物質の理解を深めるとともに、実証性、再現性、客観性など科学に求められる条件に触れるとよい。実証性とは、考えられた仮説が観察、実験などによって検討することができるという条件である。再現性とは、仮説を観察、実験などを通して実証するとき、時間や場所を変えて複数回行っても同一の実験条件下では同一の結果が得られるという条件である。客観性とは、実証性や再現性という条件を満足することにより、多くの人々によって承認され、公認されるという条件である。生徒には、これらの条件が揃うことが科学に求められることを話す。

○身の回りにある物質の多くは混合物である。身近な食塩を分離することによってそれを意識させ、身近な物質に化学的な興味・関心を持たせるようにする。

○ろ過は化学の実験操作の基本である。中学校でも取り扱っているが、丁寧に確認しながら行い、操作方法を身に付けさせる。

○今回の実験について

食塩（塩化ナトリウム NaCl ）は、融点が高いため加熱しても蒸発しにくく、水に溶けやすい。それに対し、しょう油に含まれるそのほかの成分は加熱により灰になり、灰は水に溶けにくい。したがって、しょう油を十分に加熱し灰にした後、水を加えて混ぜると食塩のみが水に溶ける。それをろ過すると、ろ液は食塩水となる。よって、ろ液を加熱し水を蒸発させることによって食塩が得られる。

【安全面】

- 保護メガネを着用させる。
- 加熱後の蒸発皿を扱う際は軍手を着用させ、やけどに十分注意させる。
- 加熱後すぐに蒸発皿を机上に移すと、急冷され割れることもあるので、十分に三角架上（金網上）で冷ますよう指示する。
- 加熱の際は、試料が飛び散ることがあるのでのぞきこまないよう指示する。
- 加熱時に煙が出るので、換気を十分に行う。
- 食塩が取り出されるが、使用器具はいろいろな薬品で使用しているものなので、口に入れないよう指導する。

【後処理】

- しょう油の加熱に用いた蒸発皿には試料が焦げ付くが、クレンザーとたわしを用いてよく洗うとほとんど落ちる。丁寧に洗うように指導する。

導 入

【ポイント】

- 混合物、純物質（化合物、単体）に興味・関心を高める。
- どのようにしたら混合物から純物質を取り出せるか疑問を喚起させる。

【導入例】

- さしすせその調味料は混合物か純物質か発問し、しょう油は混合物であることを確認する。そこで、どうしたら、しょう油に含まれる食塩を取り出せるか発問する。
砂糖→純物質（スクロース $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ ） 食塩→純物質（塩化ナトリウム NaCl ）
酢→混合物（酢酸と水） しょう油→混合物 みそ→混合物
しょう油の栄養成分例：水，タンパク質，炭水化物，ナトリウム，カリウム，カルシウム，
マグネシウム，リン，鉄，ビタミンB 1，ビタミンB 2など
※ここでいう、「ナトリウム」，「カリウム」などはそのまま単体の状態で含まれるのではなく，
化合物の状態で含まれている（ナトリウムは塩化ナトリウムなど）。よって，ナトリウムの含
有量が表示されている場合は，塩化ナトリウムに換算する必要がある。
- しょう油から食塩を取り出すにはどうしたらよいか発問する。

◎準備

準備の流れ

1ヶ月前～

(発注、調製、代替の検討時間含む)

- ☐ 材料の準備
- ☐ 実験室の備品確認

～前日

- ☐ 材料の確認
- ☐ 器具・教材の分配

当日

- ☐ 器具・教材の分配

必要な材料・器具・薬品

準備で必要なもの

とくになし

当日必要なもの

〔器具〕 蒸発皿，三角架か金網，ろうと，ろ紙，ガラス棒，ビーカー，ろうと台，三脚，ガスバーナー，着火器具，軍手，保護めがね

〔薬品〕 しょう油，蒸留水

しょう油の必要量 1班 3 mL × () 班 = () mL

☆教材の入手方法

しょう油

スーパーマーケットなどで購入可能 1 Lで200円程度

※減塩しょう油は塩化カリウムKCIが入っているので、避けた方がよい

減塩しょう油に含まれる塩化カリウム

高血圧や心臓病に悪いとされる食塩の過剰摂取は、食塩そのものではなく、食塩中のナトリウムの過剰摂取が問題となる。そこで、一般的に減塩しょう油は、塩化ナトリウムの代わりに、塩味のある塩化カリウムを用いる。しかし、塩化カリウムには、塩味とともに苦味もあるため、塩化ナトリウムと全て置き換えることは難しい。よって、塩化ナトリウム量を減らし、塩化カリウムを加えることで塩味の一部を補っている。このように、減塩しょう油は、塩化カリウムを利用することで、摂取されるナトリウムの量を減らしつつ、塩味を保つように作られている。

カリウムとナトリウムはどちらもアルカリ金属元素であり、この二つの混合物を分離することは難しい。よって、減塩しょう油からこの分離方法で食塩を取り出した場合、その中には塩化カリウムも含まれることになる。「塩化ナトリウムを取り出す」と考えると減塩しょう油は避けた方がよい。

また、成分表示には「ナトリウム 950mg，食塩相当量 2.4g」のように記載されていることが多い。ナトリウム原子のモル質量は 23.0g/mol，塩化ナトリウムのモル質量は 58.4g/mol より、「23.0:58.4=0.950 : x」と比によって食塩相当量を求めることができる。

当日のセット

☆生徒用

[器具]

☐ 丸底蒸発皿	1 個
☐ 三角架	1 個
☐ 平底蒸発皿	1 個
☐ 金網	1 個
☐ ガラス棒	1 本
☐ ろうと	1 個
☐ ろ紙	1 枚
☐ ろうと台	1 個
☐ ビーカー (しょう油用)	1 個
☐ ビーカー 50mL	1 個
☐ 駒込ピペット 3mL	1 本
☐ 三脚	1 個
☐ 洗淨瓶	1 本
☐ ガスバーナー	1 個
☐ 着火器具	1 個
☐ 軍手	1 個
☐ 保護メガネ	人数分

[薬品]

☐ しょうゆ	約 3 mL
☐ 蒸留水	洗淨瓶 1 本

□ しょう油の加熱：丸底蒸発皿と三角架→丸底は試料が集めやすく，三角架を使用することで強火で加熱できる。

ろ液の加熱：平底蒸発皿と金網→平底は安定で，青色のものを使用すると析出した食塩が観察しやすい，金網を用いることで三角架より緩やかに加熱できる。

上記のように使い分けると良いが，二つとも丸底もしくは平底でもよい。しょう油の加熱に金網を使用するときは，加熱に時間がかかる。十分加熱するようにする。

□ 駒込ピペットは正確にはかる訳ではないのでなくても可。生徒に駒込ピペットを使用させない場合は，しょう油は生徒の目分量で取らせるか，配付する際に約 3 mL にする。



★教員用

□ 生徒用と同じもの

- (1) 前日まで
材料や器具の確認・調達を行う。
- (2) 実験当日
材料や器具の分配を行う。

◎観察，実験

観察，実験の流れ

□導入（5分）

- ＊導入のポイント及び例を参照
- ＊目的を理解させる

□観察，実験（20分）

- ＊手順を指導する
 - ・手順①②を説明する
 - ・しょう油を蒸発皿で完全に焼く
 - ・蒸発皿が冷めるのを待つ間に手順③以降を説明する（やけど防止につながる）
 - ・水を加えてる過し，水を蒸発させ食塩を取り出す
- ＊安全面を指導する（留意点の安全面を参照）
- ＊操作は全員で分担して行うよう指導する
- ＊机間指導を行いながら，生徒への実験のアドバイスや注意を促す

□まとめ，考察（10分）

□後片付け（5分）

手順

時間のめど（およそ 15 分）

- ① 駒込ピペットでしょう油 3 mL をはかりとり，丸底蒸発皿に移す。
- ② 三脚に三角架を乗せ①の蒸発皿をのせて加熱する。水分が蒸発し，どろどろの状態になり，黒く焦げはじめ煙が出る。煙が出なくなるまで加熱し続け完全に焼く。このとき，発火することもあるが慌てず火が消えるのを待ち，加熱を続ける。

注意！加熱により飛び散ることがあるので顔を近づけてのぞき込まない。

ポイント！加熱が不十分だときれいな塩化ナトリウムの結晶が得られないので，完全に煙が出なくなるまで十分に加熱する。携帯のバーナーが有るときはそれを用いて上から直火で焼くと良い。



①



②- 1



②- 2

- ③ 火を止めた後 1 分以上そのまま置き冷ます。軍手をつけて蒸発皿を下ろし，蒸留水を 10 mL 程度加える。ちょうど焦げたしょう油部分まで水を加えると約 10 mL である。ガラス棒でよくかき混ぜ含まれる食塩を十分に溶かす。このとき水を加えすぎると次の蒸発の際に時間がかかる。

注意！蒸発皿は熱くなっているのでそのまま十分に冷まし，触る際は軍手を着用すること。すぐに机上に置くと急冷され蒸発皿の破損にもつながる。



③

④ ③をろ過する。巻末資料参照



④

⑤ ろ液を平底蒸発皿に移し、穏やかに加熱し水を蒸発させる。

注意！食塩が飛び散るので気を付ける。



⑤－１



⑤－２

まとめ

以下の視点を参考に，まとめを行う。

身近な調味料であるしょう油は混合物であり，そのしょう油から純物質である食塩（塩化ナトリウム）を分離することができた。

考 察

次の点などについて考察させ，プリントに記入もしくは発表させる。

- ① どのような物質の性質を利用して分離を行ったか。
- ② 得られた結晶が食塩であることを確かめるためにはどのような方法があるか。

後片付け

生徒に次のように指示する。

○使用した器具はよく洗う。特に，しょう油の加熱に用いた蒸発皿には試料が焦げ付くので，クレンザーとたわしを用いてよく洗う。

失敗例

●状態 得られた食塩が茶色であった。

原因 しょう油の加熱が不十分であったため、食塩以外の物質がろ液に含まれてしまった。
煙が完全に出なくなるまで十分に加熱を行う。

別 法

混合物の分離として

別法① ろ過 石英砂と食塩から石英砂を分離するなど

別法② 蒸留 食塩水から水を分離するなど

別法③ 分留 赤ワインからエタノールを分離するなど

別法④ 再結晶 食塩に少量の硝酸カリウムが混じった混合物から、純粋な食塩を得るなど

別法⑤ 昇華法 食塩にヨウ素が混じった混合物から、ヨウ素を分離するなど

別法⑥ ペーパークロマトグラフィー 実験4 参照

別法⑦ 複数の方法を用いて分離する

このとき、手順や確認方法を生徒に考えさせるとよい。

例) 石英砂、硝酸カリウム、少量の塩化ナトリウム、水の混合物から、ろ過、蒸留、再結晶を用いて、石英砂、水、硝酸カリウムを取り出す。

6

綿棒を使った炎色反応
～炎色反応～化学と人間生活との
かかわり

物質の探究

物質の構成粒子

物質と化学結合

物質と化学反応式

化学反応

巻末資料

難易度	教材の入手日数	準備時間	実施時間
★☆☆	1 ヶ月	1 時間	40 分

目的と内容

炎色反応が元素を確認する方法の一つであることを理解する

「物質の分離・精製や元素の確認などの観察，実験を行い，化学的に探究する方法の基礎を身に付けさせるとともに，粒子の熱運動と三態変化との関係などについて理解させ，物質についての微視的な見方や考え方を育てること」がこの単元の主なねらいである。また，「身近な物質を取り上げ，物質の分離・精製や元素の確認などの実験を通して，単体，化合物及び混合物について理解するとともに，実験における基本操作と物質を探究する方法を身につけさせること」がねらいである。

ここでは，夏の風物詩「花火」の原理である炎色反応を行い，身近にある化学的現象について興味関心を深めるとともに，元素について理解を深めさせる。

7つの試料がそれぞれ何であるか，炎色反応により導き出す。



既習事項

小学校：5年生の「物の溶け方」

中学校：1年生の「水溶液」「状態変化」

2年生の「物質の成り立ち」「化学変化」

中学校2年生で「原子」や「周期表」について学習しているが，「元素」については学習していない。元素記号についても「原子の記号」として学習している。元素と原子の混同に留意する必要がある。

留意点

【指導面】

○化学基礎では成分元素の検出方法として、炎色反応や難溶性塩の沈殿反応を利用した方法を扱っている。この実験では、炎色反応を取り扱う。

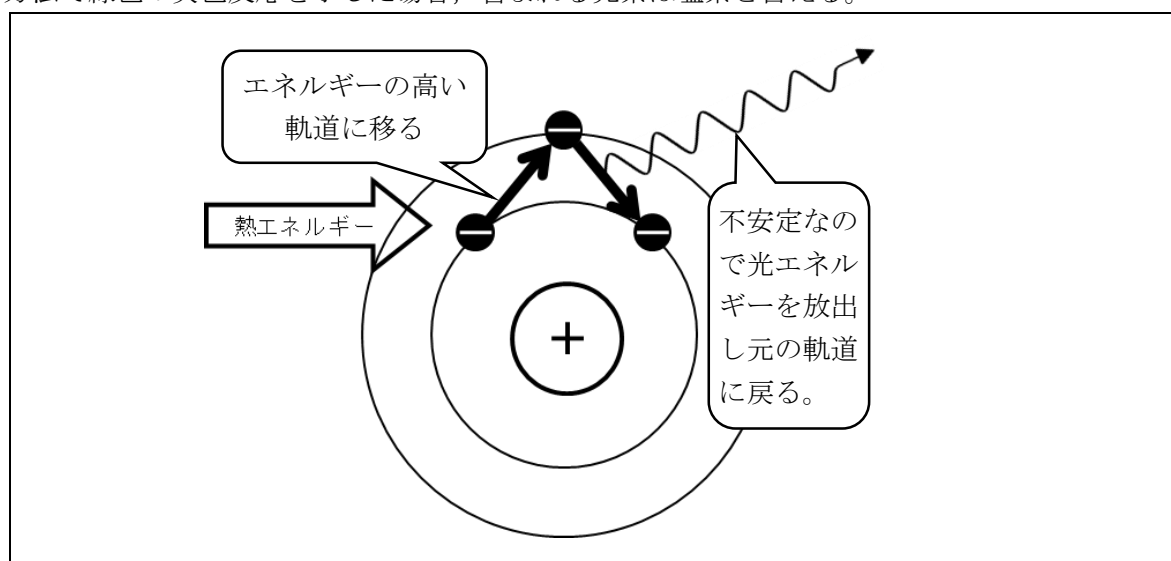
○炎色反応は色がきれいであることや、身近である花火に利用されていることから、生徒の化学への興味・関心につなげられるよい教材である。産業だけでなく娯楽の面でも化学が関係していることを印象づけたい。

○単に「きれいだった」で終わらないように留意する。それぞれの元素に特有な色が現れることから、物質に含まれる元素が特定できることを理解させる。このとき、実証性、再現性、客観性について触れることも考えられる。実証性とは、考えられた仮説が観察、実験などによって検討することができるという条件である。再現性とは、仮説を観察、実験などを通して実証するとき、時間や場所を変えて複数回行っても同一の実験条件下では同一の結果が得られるという条件である。客観性とは、実証性や再現性という条件を満足することにより、多くの人々によって承認され、公認されるという条件である。これらの条件が揃うことが科学に求められることを話しておく。

○炎色反応の仕組み

原子が加熱されたことにより、電子がこの熱エネルギーを吸収し、高い状態に励起される。つまり、電子は、エネルギーの高い原子軌道に移動する。しかし、この状態は不安定であり、安定な元の軌道に戻るとき、エネルギーを光として放出する。炎色反応は、この光の波長が可視領域にあるため起こる。原子によって陽子数、電子数、電子の軌道が異なるため、放出されるエネルギーが異なり、それぞれ固有の炎の色を示す。

アルカリ金属元素やアルカリ土類金属元素はバーナーの炎でも容易に熱分解が起こり金属原子を生成しやすい。また、放出されるエネルギーが比較的低いため光の波長が可視領域となる。このため、炎色反応を示しやすい。銅は、加熱して酸化銅(Ⅱ)の被膜を作り、その表面に塩素を含む物質を付着させ加熱すると、揮発性の塩化銅(Ⅱ)を生じ、その結果、緑色の炎色反応を示す。これはバイルシュタイン反応とよばれ、有機化合物中の塩素の検出方法として用いられる。フッ素を除くハロゲン元素でも緑～青の炎色反応を示すが、一般に有機物に含まれるハロゲン元素は塩素であるため、有機物がこの方法で緑色の炎色反応を示した場合、含まれる元素は塩素と言える。



○主な炎色反応

＜アルカリ金属元素＞

リチウム **Li** : 赤 ナトリウム **Na** : 黄 カリウム **K** : 赤紫 ルビジウム **Rb** : 暗赤色

セシウム **Cs** : 青紫色

＜アルカリ土類金属元素＞

カルシウム **Ca** : 橙赤 ストロンチウム **Sr** : 紅 バリウム **Ba** : 黄緑 ラジウム **Ra** : 洋紅

＜その他＞

銅 **Cu** : 青緑 ホウ素 **B** : 緑 ガリウム **Ga** : 青 インジウム **In** : 藍など

○今回の実験について

代表的な金属の炎色反応は下記の通りである。それぞれの、塩化物塩もしくは硝酸塩を、燃焼剤としてエタノールを用いて燃焼させ、炎色反応を確認する。カリウムの赤紫色とバリウムの黄緑色ははっきりとは見にくい。他の色と比較しながら行うとよい。

Li : 赤 Na : 黄 K : 赤紫 Ca : 橙赤 Sr : 紅 Ba : 黄緑 Cu : 青緑

【安全面】

○保護めがねを着用させる。

○やけどに気を付けさせる。

○万一に備え、消火用の水を入れたビーカーと濡らした布巾を用意する。

【後処理】

○綿棒に水をかけ、確実に火が消えていることを確認してからゴミ箱に捨てる。

○すべてのクラスで実験終わり、試料を廃棄する場合、銅は重金属であるので重金属廃棄物として取り扱い、専門業者に廃棄を委託する。それ以外は、下水に流してよい。ただし、塩化バリウムは劇物であるので、多量の水を流しながら行う。量が多い場合は、硫酸ナトリウムと反応させて無毒の硫酸バリウムにして廃棄する。

導 入

【ポイント】

○身近な化学的事象について興味・関心を高める。

○元素を確認するためにはどうしたらよいか疑問を喚起させる。

【導入例】

○花火の画像を見せ、どうやって色を変えているのか発問する。

○料理をしているときに味噌汁をこぼすなどして黄色の炎が上がったことがないか問いかける。

◎準備

準備の流れ

1ヶ月前～

(発注, 調製, 代替の検討時間含む)

☐ 材料の準備

☐ 実験室の備品確認

～前日

☐ 材料の確認

☐ 各種金属塩の分配・ラベル付け

☐ 器具・教材の分配

当日

☐ 器具・教材の分配

必要な材料・器具・薬品

準備で必要なもの

プラスチックカップ, ビニールテープ, 油性ペン, 各種金属塩化物塩 (硝酸塩可)

当日必要なもの

〔器具〕 綿棒, プラスチックカップ, 着火器具, 油粘土, 保護めがね

綿棒の必要本数 1班約 10本 $\times$ () 班 = () 本

油粘土の必要量 油粘土は再利用できるので, 1クラス分の必要量を考えれば良い。

1本につき約 3 g, 比較することを考えると, 1クラスで必要な量は

1班約 6 g $\times$ () 班 = () g

7つの試料を一度に行う場合は

1班約 21 g $\times$ () 班 = () g

〔薬品〕 エタノール, 各種金属塩化物塩 (硝酸塩可)

(LiCl, NaCl, KCl, CaCl₂, SrCl₂, BaCl₂, CuCl₂ など)

エタノールの必要量

1班 10mL $\times$ () 班 = () mL

☆教材の入手方法

①エタノール（99.5%）

理科消耗品カタログなどで購入可能 500mL で 3,500 円程度

②各種金属塩

理科消耗品カタログなどで購入可能

③綿棒（柄が紙製のもの。プラスチック不可）

薬局などで購入可能 200 本入りで 200 円程度

④油粘土

100 円ショップなどで購入可能 300 g で 108 円

⑤プラスチックカップ（マヨネーズカップ）

※なくてもよいが、実験の試料配付に便利

インターネットでも購入可能 本体 50 個で 450 円程度

ふた 50 個で 300 円程度

100 円ショップなどでも購入可能 ふたつき 7 個で 108 円



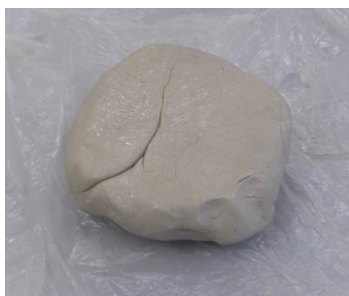
①



②



③



④



⑤

当日のセット

☆生徒用

[器具]

□綿棒	7～本
□ビーカー（エタノール）	1 個
□ビーカー（消火用水）	1 個
□プラスチックカップ （試料用）	7 個
□着火器具	1 個
□油粘土	親指大
□濡らした布巾	1 枚
□保護めがね	人数分

[薬品]

□塩化リチウム LiCl	薬さじ小1程度
□塩化ナトリウム NaCl	薬さじ小1程度
□塩化カリウム KCl	薬さじ小1程度
□塩化カルシウム CaCl_2	薬さじ小1程度
□硝酸ストロンチウム $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$	薬さじ小1程度
□塩化バリウム BaCl_2	薬さじ小1程度
□塩化銅(II) CuCl_2	薬さじ小1程度
□エタノール	綿棒の先が浸る程度
□蒸留水	点眼瓶1本

★教員用

□生徒用と同じもの

□綿棒は、柄が紙製のものを使用する。

□試料を入れるプラスチックカップは、ビニールテープで色分けをするか、白いビニールテープを貼り記号を書くなどする。容器とふたの両方に印をつけるとよい。

□着火器具は、何度も着火するので点火棒（チャッカマン）などが使用しやすい。

□粘土を用いず、手に持っても大丈夫であるが、生徒の状況に応じて使用する。何色か一度に確認したい場合は、粘土を用いた方がよい。

□塩化物、硝酸物、硫酸物であれば使用できる。7種類のうち、色が区別しにくいのはカリウム、バリウムである。はっきり分かりやすいのは、リチウム、銅であることを考慮し、どの金属イオンを使用するか決めるとよい。色が赤色で見やすいリチウムかストロンチウム、身近な物質であるナトリウム、発色が綺麗な銅を含めてプラスするとよい。

□エタノールは、少しオレンジ色の炎がでる。メタノールの方が炎に色がつかないことや、塩が溶けやすいものが多いので、燃焼材として適してはいるが、有毒であるため扱いには注意が必要である。生徒に応じて使用するとよい。また、綿棒によっては少し柄の方にしみこむ場合もあるので、長時間浸しすぎないように注意する。

□水道水には次亜塩素酸ナトリウムが含まれていることがあるので必ず蒸留水を用いる。



(1) 前日まで

○材料や器具の確認・調達を行う。

○薬品をそれぞれプラスチックカップに分ける。ビニールテープなどで色分けすると分かりやすい。ふたと容器の両方にテープを貼ること。この際、薬品の容器にも同じようにビニールテープを貼っておくと作業がしやすい。ただし、結果をまとめる際にテープの色と炎の色と混同するので、プラスチックカップのテープにはアルファベットなどの記号も記す。



(2) 実験当日

材料や器具の分配を行う。エタノールは揮発するので、直前に分配するか、ふたつき容器を用いる。

◎観察，実験

観察，実験の流れ

□導入（5分）

- ＊導入のポイント及び例を参照
- ＊目的を理解させる

□観察，実験（20分）

- ＊手順を指導する
 - ・実験内容の確認
 - ・試料を水で溶かし，綿棒をエタノールに浸す
 - ・粘土で内を作り，試料をつけた綿棒を立てて，火をつける
 - ・表などに結果をまとめる
- ＊安全面を指導する（留意点の安全面を参照）
- ＊操作は全員で分担して行うよう指導する
- ＊机間指導を行いながら，生徒への実験のアドバイスや注意を促す

□考察，まとめ（10分）

□後片付け（5分）

手順

時間のめど（およそ 15 分）

① 実験内容の確認をする。

7つの試料は，塩化リチウム，塩化ナトリウム，塩化カリウム，塩化カルシウム，硝酸ストロンチウム，塩化バリウム，塩化銅(Ⅱ)のいずれかである。それぞれがどれに当たるか，炎色反応から導き出す。

② 試料にごく少量の蒸留水を加える。

ポイント！ 水道水には次亜塩素酸ナトリウムが含まれていて，Na元素の黄色を発色する場合があるので必ず蒸留水を加える。

③ 綿棒をエタノールに浸す。

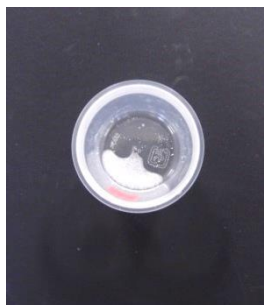
注意！ 綿棒は，長時間エタノールに浸すと軸の方までしみこみ，火をつけた際，軸まで燃えることがあるので，はじめてから浸しておくのではなく，ここで浸す。

④ 粘土で台を作る。

⑤ エタノールに浸した綿棒に①の各試料をつける。



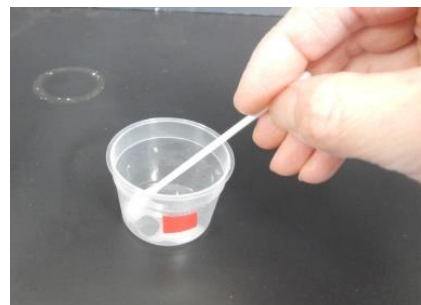
②－1



②－2



④



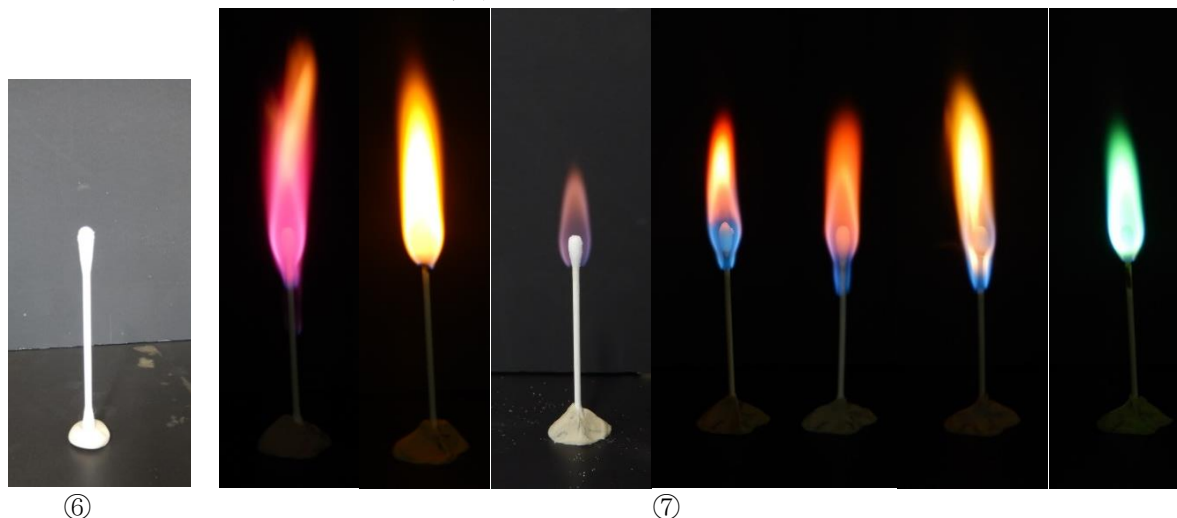
⑤

⑥ 綿棒の試料がついていない側を粘土の台にさして固定する。

⑦ 綿棒に火をつけて炎の色を観察する。

注意！ やけどに注意する。綿棒の燃えカスはマッチの燃えカス入れに入れる。

ポイント！ 分かりにくい試料は複数同時に並べて火をつけて、色を比べる。



⑧ 結果をプリントに記入させる

試料	A (白)	B (黒)	C (赤)	D (青)	E (緑)	F (黄)	G (ピンク)
炎の色							
化学式							

考 察

「7つの試料はそれぞれ何か」などについて考察させ、プリントに記入もしくは発表させる。

まとめ

「炎色反応が元素確認の方法の一つであることが分かった」などの視点から、まとめを行う。

後片付け

生徒に次のように指示する。

○綿棒は念のため水に浸してからゴミ箱に捨てる。

○金属塩の入ったプラスチックカップはそのまま回収する。重金属も含んでいるので洗い流さないようにする。

失敗例

●状態 予想される色が発色されなかった。

原因1 蒸留水ではなく水道水を使った。

水道水に含まれる次亜塩素酸ナトリウムの影響で黄色が発色してしまう場合があるため、試料を溶かす水は蒸留水を必ず用いる。

原因2 綿棒やエタノールが影響する。また、人の主観も関係する。

綿棒やエタノールを使用すると、発色が分かりにくいものがある。特に、バリウムは黄色に見える場合が多い。また、ナトリウムは「黄色」とされているが、人によってはオレンジ色と捉える色である。ナトリウム、カルシウム、バリウムの3つを比較すると、分かりやすい。また、エタノールではなくメタノールに変えることにより少し改善される。白金線を用いた方法が、正確に色が分かりやすい。

別法

別法① 白金線を用いる。

白金線を塩酸で洗浄し、ガスバーナーの外炎で熱する。炎色反応を起こさないことを確認した後、白金線を試料の水溶液につけ、ガスバーナーの外炎に入れ、炎色反応を確認する。このとき、水道水に含まれる次亜塩素酸ナトリウムの影響で黄色が発色してしまう場合があるため、試料を溶かす水は蒸留水を必ず用いる。

別法② 針金とスチールウールを用いる。

針金に小豆大に丸めたスチールウールをつけ、ガスバーナーの火で燃焼させる。冷ました後、燃焼させたスチールウール部分に直接試料をつけてガスバーナーの火で燃焼し、炎色反応を観察する。このとき、試料を変える場合は、スチールウールは新しいものにすること。

別法③ 蒸発皿を用いる。

蒸発皿に試料の飽和水溶液（大体でよい）とエタノールかメタノールを加え、着火する。

別法④ 霧吹きを用いる。

霧吹きに試料の水溶液を入れ、ガスバーナーの炎に向かって吹き付ける。この方法の際水溶液にエタノールかメタノールを加えるか、水溶液ではなくエタノールかメタノールに塩を溶かしたものを使用するとよりはっきり見えるが、引火の可能性があるので注意が必要である。ダイナミックな反応が見られる反面、金属塩が飛び散るので安全面から銅などの重金属には適していない。また、掃除が大変であったり、ガスバーナーに塩が詰まってしまったりという欠点も多い。

7

炭酸水素ナトリウムの成分元素 ～成分元素の確認～

化学と人間生活との
かかわり

物質の探究

物質の構成粒子

物質と化学結合

物質と化学反応式

化学反応

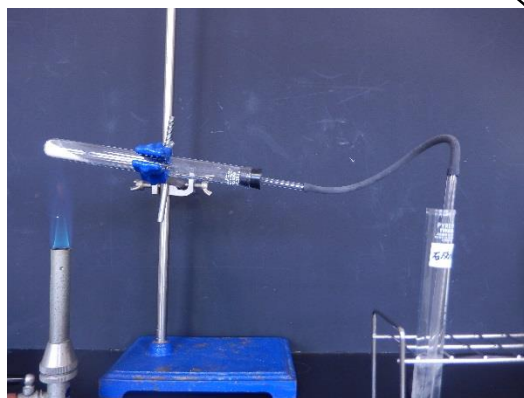
巻末資料

難易度	教材の入手日数	準備時間	実施時間
★☆☆	1 ヶ月	1 時間	50 分

目的と内容

元素を確認することで、化合物について理解を深めるとともに
基本的な実験操作を習得する

「物質の分離・精製や元素の確認などの観察，実験を行い，化学的に探究する方法の基礎を身に付けさせるとともに，粒子の熱運動と三態変化との関係などについて理解させ，物質についての微視的な見方や考え方を育てること」がこの単元の主なねらいである。また，身近な物質を取り上げ，物質の分離・精製や元素の確認などの実験を通して，単体，化合物，混合物について理解させるとともに，基本的な実験操作及び物質を探究する方法を身に付けさせることがねらいである。



ここでは，中学校の実験でも使った炭酸水素ナトリウムの成分元素の確認を行う。手法として，加熱分解，沈殿法による炭素確認，塩化コバルト紙による水素確認，炎色反応によるナトリウムの確認を行う。

既習事項

小学校：5年生の「物の溶け方」
中学校：1年生の「物質のすがた」「水溶液」
2年生の「物質の成り立ち」

中学校2年生ではカルメ焼きやホットケーキの例をあげ，化学変化の分解として炭酸水素ナトリウムを用いた実験を行っている。炭酸水素ナトリウムを熱すると，二酸化炭素が生じることを石灰水と線香の炎で，水が生じることを塩化コバルト紙で確認している。また，加熱前と加熱後の物質が，水への溶解性が異なることや水溶液のフェノールフタレイン溶液との反応の違いから別の物質であることを確認している。同じ物質を用い，同じような操作を行うが，中学校では化合物の分解として取り扱い，高校では成分元素の確認として行う。

留意点

【指導面】

○成分元素の確認方法には、下記のようなものがある。

＜炎色反応＞物質を炎に入れると、その元素に特有の発色が見られる現象。

＜沈殿法＞

- ・塩素の確認・・・硝酸銀水溶液を加えると、塩化銀の白色沈殿が生じる。
- ・炭素の確認・・・燃焼や加熱分解、塩酸を加えるなどして発生した気体を石灰水に通じると、石灰水が白濁する。このことから、発生した気体が二酸化炭素であることが調べられ、炭素が確認できる。
- ・硫黄の確認・・・酢酸鉛(Ⅱ)水溶液を加えると、硫化鉛(Ⅱ)の黒色沈殿を生じる。

＜その他＞

- ・水素の確認・・・加熱により生じた液体を青色の塩化コバルト紙につけると、赤色に変わる。または、液体を白色の硫酸銅(Ⅱ)無水塩に加えると、青色に変化する。このことから、生じた液体が水であることが調べられ、水素原子を確認できる。

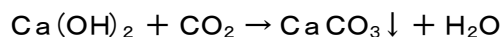
○ここでは、中学校での既習事項を利用することで、高校で突然難しい内容を学習するのではなく、一歩踏み込むような内容であると思わせたい。また、純物質である化合物も元素で考えるとさらに分けられることから、微視的な見方や考え方を身に付けられるよう指導する。

○今回の実験について

炭酸水素ナトリウムの加熱分解を表す化学反応式は次の通りである。



CO_2 と石灰水（水酸化カルシウム水溶液）の反応は



となり、白色の不溶性の炭酸カルシウムを生じるため、白濁する。したがって、炭素の確認方法として用いられる。白濁したのちも二酸化炭素を通じ続けると $\text{Ca(HCO}_3)_2$ を生じ、炭酸水素カルシウムは水溶性であるため再び無色透明の溶液になる。

塩化コバルト紙は水によって青→赤に変化する。これによって水素の確認ができる。

二酸化炭素および水の成分元素である酸素は空気中にも存在するため、試料中の酸素か空気中の酸素か区別は難しい。今回に関してはゴム栓をして加熱しているため試料中の酸素であると言える。有機物の成分元素分析においては試料の質量と生じた二酸化炭素と水の質量から試料中の酸素を割り出す。

【安全面】

- 石灰水は飽和水酸化カルシウム水溶液であり、強塩基性である。必ず、保護メガネを着用させる。万一、目や鼻に入った場合は多量の水でよくすすぐよう指示する。また、手などに着いた場合もすぐに水でよく洗うよう指示する。
- 気体誘導管を水溶液に入れたまま火を消すと、温度低下により試験管内の気体の圧力が小さくなり水溶液が逆流し、試験管が破損する恐れがある。必ず、気体誘導管を水溶液から出した後に火を消すよう指導する。
- 固体試料を加熱する場合は、液体が生じる場合があるため試験官の口が少し下になるように固定して行う。試験管の口を上にとすると、生じた液体が加熱部分に流れ、急冷されて試験管が破損する場合がある。

【後処理】

- 石灰水は塩基性廃液として回収する。廃棄方法は巻末資料参照。
- 石灰水の入っていた試験管は試験管ブラシを用いてよく洗わせるが、炭酸カルシウムが付着し落ちない場合がある。その際は、塩酸を加えると溶解しきれいに落ちる。
- 全てのクラスで実験が終わったら、プラスチックカップに残った炭酸水素ナトリウムは何かを集めておき、再利用する。プラスチックカップは洗う。

導 入

【ポイント】

- 物質がどのような元素からできているか、また、それを確かめる方法について興味・関心を高める。
- 中学校でも分解について既習しているが、さらに微視的な視点に注目させる。

【導入例】

- 中学校の既習を確認しながら、高校ではさらに元素で考えることや、そのために中学校では行わなかったナトリウムの確認も行うことを話し、ナトリウムの確認方法について発問する。
- 留意点の指導面にあげた成分元素の確認方法について、発問しながら確認する。

◎準備

準備の流れ

1ヶ月前～

(発注、調製、代替の検討時間含む)

- ☐ 材料の準備
- ☐ 実験室の備品確認
- ☐ 石灰水の調整 (2日前には行う)

～前日

- ☐ 材料の確認
- ☐ 石灰水の調整
- ☐ 塩化コバルト紙の乾燥
- ☐ 器具・教材の分配

当日

- ☐ 器具・教材の分配

必要な材料・器具・薬品

準備で必要なもの

[器具] メスシリンダー、電子天秤、薬包紙、石灰水を保存しておく容器 (ふたはゴム栓を使用。ガラス栓を利用すると開かなくなることがある。ペットボトル可。ただし、その場合は大きくラベルを貼る。)

[薬品] 水酸化カルシウム (消石灰)、蒸留水

当日必要なもの

[器具] 試験管、試験管立て、薬さじ、気体誘導管、着火器具、薬包紙、綿棒、スタンド、ガスバーナー、保護メガネ

[薬品] 炭酸水素ナトリウム、石灰水、エタノール、塩化コバルト

石灰水の必要量 1班 約 10 mL × () 班 = () mL

☆教材の入手方法

①炭酸水素ナトリウム

理科消耗品カタログなどで購入可能 500 g で 1,600 円程度

②エタノール

理科消耗品カタログなどで購入可能 500 mL で 3,000 円程度

③綿棒 (柄が紙製のもの。プラスチック不可)

薬局などで購入可能 200 本入りで 200 円程度

④塩化コバルト紙

理科消耗品カタログなどで購入可能

20 枚綴 10 冊 1 箱で 1,500 円程度



①

②



③



④箱



④ 1 綴り

当日のセット

☆生徒用

[器具]

□試験管	1本乾いた試験管 1本石灰水入り
□試験管立て	1個
□薬さじ	1個
□気体誘導管	1セット
□着火器具	1個
□薬包紙	1枚
□綿棒	1本
□プラスチックカップ（炭酸水素 ナトリウム用とエタノール用）	2個
□スタンド	1個
□ガスバーナー	1個
□保護めがね	人数分

[薬品]

□炭酸水素ナトリウム	薬さじ大山盛り 1
□石灰水（飽和水酸化カルシウ ム水溶液）	試験管 1/4～1/3 程度
□エタノール	少量
□塩化コバルト紙	1枚

★教員用

- 生徒用と同じもの

□綿棒は炎色反応に利用する。白金線で代用可。綿棒は柄まで燃焼することはほとんどないため手で持って行い、マッチの燃えかす入れに入れば問題ないが、不安な場合は粘土を台座にして綿棒をさしてから着火すると良い。

□エタノールはメタノールで代用可。

□塩化コバルト紙は水分を吸収して赤色に変化してしまうため、フィルムケース（プッシュバイアル瓶）に乾燥剤としてシリカゲルを入れて一緒に保管および配付するとよい。硫酸銅(Ⅱ)無水塩で代用可。



(1) 前日まで

○材料や器具の確認・調達を行う。

気体誘導管がない場合は、ゴム栓にコルクボーラーで穴を開け、ガラス管を通し、ゴム管を取り付け、ゴム管の先にガラス管を付ける。

○石灰水を調整する。（1 L 作る場合）

メスシリンダーで蒸留水を約 1 L 量り、石灰水を保存する容器に移す。水酸化カルシウムを 約 3g 量り、水の入った容器に加えふたをして良く振り攪拌する。1 日以上静置し、上澄みを使用する。石灰水は水酸化カルシウムの飽和水溶液である。石灰水は 20℃ の水 100 g に対して 0.165 g しか溶けない。よって、1 L = 1000 g の水に 1.65 g しか溶けないので、それ以上加えて飽和状態にし、上澄みを使う。

○塩化コバルト紙が赤変していた場合はドライヤーの熱風を当てて青色にする。



(2) 実験当日

材料や器具の分配を行う。



◎観察，実験

観察，実験の流れ

□導入（10 分）

- ＊導入のポイント及び例を参照
- ＊目的を理解させる

□観察，実験（25 分）

＊手順を指導する

- ・炭酸水素ナトリウムを入れた試験管に気体誘導管をつけ，スタンドにセットし，加熱する
- ・生じる気体が二酸化炭素であることを，石灰水を用いて確認する
- ・生じた液体が水であることを塩化コバルト紙で確認する
- ・炎色反応でナトリウムを確認する

＊安全面を指導する（留意点の安全面を参照）

＊操作は全員で分担して行うよう指導する

＊机間指導を行いながら，生徒への実験のアドバイスや注意を促す

□結果のまとめ，考察，授業のまとめ（10 分）

□後片付け（5 分）

手順

時間のめど（およそ 20 分）

① 薬さじ大 1（プラスチックカップに少量残す）の炭酸水素ナトリウムをろ紙上に取り，試験管に入れ，気体誘導管の着いたゴム栓をする。

② ①の試験管を試験管の口が少し下になるように固定する。

注意！固体試料を加熱する場合は，液体が生じる場合があるため試験管の口が少し下になるように固定して行う。試験管の口を上にとすると，生じた液体が加熱部分に流れ，急冷されて試験管が破壊する場合がある。

③ 気体誘導管の先を石灰水にいれ，ガスバーナーに火をつけて試料の部分を穏やかに加熱し，変化を見る。



①－ 1

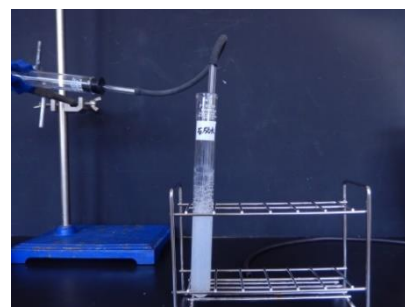


①－ 2



②③

④ 気体が発生し，石灰水が白濁したら気体誘導管を取り出す。



④

- ⑤ 試験管の口の部分に水がたまったらガスバーナーを消す。

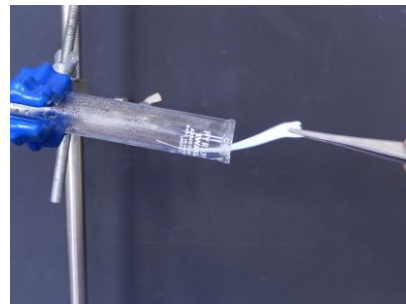
注意！ 気体誘導管を必ず石灰水から出してから火を消す。入れたまま火を消すと試験管内の気体の圧力が温度変化によって小さくなり、石灰水が逆流し、急冷により試験管が破損する場合がある。

- ⑥ 冷ましたら、ゴム栓を外し、塩化コバルト紙をピンセットではさみ、口付近の液体につけて色の変化を見る。

注意！ 試験管の加熱部分は冷めにくいのでやけどに注意すること。

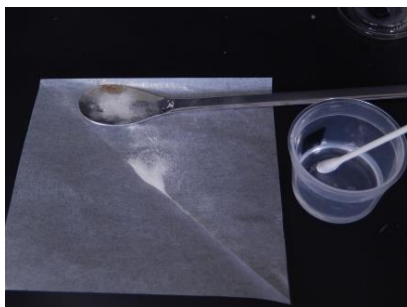


⑤

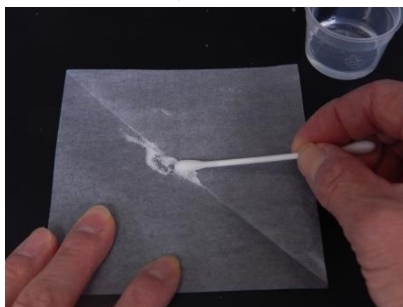


⑥

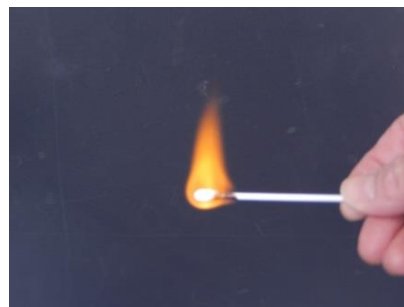
- ⑦ 綿棒の片側をエタノールに浸す。炭酸水素ナトリウムを少量薬包紙に取り、エタノールに浸した綿棒に炭酸水素ナトリウムをつけてから火をつけ、炎色反応を確認する。



⑦-1



⑦-2



⑦-3

結果のまとめ・考察

それぞれの操作の結果を確認し、結果から「何の元素が確認できたか」また、「なぜそう言えるのか」など考察させ、プリントに記入もしくは発表させる。

授業のまとめ

以下の視点を参考に、まとめを行う。

- ① 炭酸水素ナトリウムの成分元素である炭素、水素、ナトリウムの確認ができた。
- ② 固体試料の加熱や成分元素確認方法など、基本的な実験操作を行うことができた。

後片付け

生徒に次のように指示する。

- 石灰水は塩基性（アルカリ性）廃液容器に移す。
- 試験管に残った試料は塩基性であるが、少量であるので多量の水に流して捨てて良い。
- 試験管は2本とも試験管ブラシを用いてよく洗う。気体誘導管や薬さじも洗う。
- プラスチックカップはそのまま回収する。
- 薬包紙、使用した綿棒、塩化コバルト紙はゴミ箱に捨てる。

失敗例

- 状態 石灰水が白濁しない。

原因 石灰水が密閉されないまま長期間保存したため、空気中の二酸化炭素を吸収してしまった。
長期間保存した石灰水を利用する場合は、あらかじめ二酸化炭素と反応するか確認する。

別 法

別法① 食塩を用い、炎色反応と硝酸銀水溶液との沈殿反応を行い、成分元素であるナトリウムと塩素を確認する。

別法② 炭酸カルシウム（大理石、貝殻）を用いる。二股試験管に試料を入れ、塩酸を加えて二酸化炭素を発生させ、石灰水による沈殿反応と炎色反応とで、成分元素である炭素（と酸素）とカルシウムを確認する。

別法③ スクロース（砂糖）を用いる。スクロースに酸化剤として酸化銅(Ⅱ)を加えた試料を今回の実験と同様の装置で加熱する。石灰水による沈殿反応と塩化コバルト紙の色の変化で、成分元素である炭素と水素を確認する。

2-メチル-2-プロパノールの三態とヨウ素の昇華 ～状態変化～

難易度	教材の入手日数	準備時間	実施時間
★☆☆	1 カ月	1 日	50 分

目的と内容

凝固，融解，蒸発，凝縮，昇華，凝結を観察し，
粒子の熱運動と状態変化の関係を理解する

「物質の分離・精製や元素の確認などの観察，実験を行い，化学的に探究する方法の基礎を身に付けさせるとともに，粒子の熱運動と三態変化との関係などについて理解させ，物質についての微視的な見方や考え方を育てること」がこの単元の主なねらいである。

また，「粒子の熱運動と粒子間に働く力との関係により，物質の状態変化が起こることを理解させること」がねらいである。

ここでは，2-メチル-2-プロパノールを用いた「固体⇌液体⇌気体」の状態変化とヨウ素を用いた昇華を観察する。



既習事項

小学校：4年生の「金属，水，空気と温度」
中学校：1年生の「状態変化」

小学校では水を熱したとき（沸騰）の様子や，湯気の正体を調べたり，水が沸騰したときの泡の正体を調べたりしている。また，水を冷やしたとき（凍らせる）の様子中学校ではロウの状態変化の実験や，赤ワインの蒸留を行っている。さらに，エタノールを入れたポリエチレン袋に熱い湯をかける実験も行っている。固体→液体→気体と状態が変化するにつれて，粒子の運動が活発になり，大きな体積を占めるようになることを学習している。また，体積が変化しても質量は変化しないことを学習しているが，質量も変化すると考えてしまう生徒も多いことに留意が必要である。

留意点

【指導面】

○小学校、中学校での既習に加え、氷→水→水蒸気の状態変化は生徒にとって身近であるため、現象としての理解はできている生徒が多い。ここでは、その現象を微視的に考えられるようにする。目に見える現象を、目には見えない粒子で考える化学の基礎を身に付けさせる。

○構成粒子そのものが変化する化学変化に対して、状態変化は、構成粒子の集合状態が変化する物理変化である。従って、温度や圧力条件を元に戻すと、物質の状態は必ず元通りになる。このような、化学変化と物理変化の違いについて触れる。

○物質の三態について

物質には、固体、液体、気体の3つの状態があり、これらを物質の三態という。物質の構成粒子は絶えず熱運動をしており、これによって散らばろうとしている。一方、構成粒子間には引力が働き、互いに集合しようとする。この相反する2つの傾向の大小関係によって物質の状態が決まる。

固体は、熱運動より粒子間に働く引力の方が大きく、粒子は一定の位置で固定されている。このとき、振動・回転による熱運動を行っている。粒子がその位置を自由に変えることはできないので、一定の形と体積を示す。 -273°C ではすべての粒子の熱運動が停止する。この温度を絶対零度という。

液体は、熱運動が固体より大きい、粒子間に働く引力はまだ大きい。しかし、熱運動が大きくなったことから、固体より体積が10%程度増加する。この体積増加によって生じた空所に別の粒子が移動し、それによって生じた空所にまた別の粒子が移動する。このとき、空所はそれほど多くないので、すべての粒子が位置を交換する直線運動を行うのではなく、振動運動を行っている粒子も多くあり、それらの運動を交換して行われている。固体のように粒子の位置が固定されてはいないので流動性を示すが、粒子間に働く引力が大きいので、全体としての粒子間の平均距離はほぼ一定であり、体積はほとんど一定である。

気体は、粒子の熱運動が激しく、粒子間の引力に打ち勝って空間に自由に飛び交う。体積は液体の約1000倍となり、粒子間の距離が大きいため、粒子間に働く引力はほとんど0である。よって、形も、体積も一定ではない。

水は固体より体積が減少する。この現象については「化学」で詳しく取り扱われている。

○今回の実験について

2-メチル-2-プロパノールの融点（凝固点）は 25°C 、沸点は 82°C である。よって、容易に三態変化を観察できる。氷で温度を下げて凝固、手で加熱して融解、湯せんで加熱して蒸発、湯せんから引き上げ温度を下げて凝縮が見られる。状態変化は液体→固体→液体→気体→液体である。固体と液体との体積変化を観察することは難しいが、液体と気体との体積変化は目で見て分かる。

また、ヨウ素は昇華しやすい物質であり、混合物の分離の際にもよく用いられる。加熱により昇華（固体→気体）、フラスコ内の氷水で温度を下げて凝結（昇華）（気体→固体）が見られる。ごく少量の固体がビーカーいっぱいの紫色の気体が生じることから、固体と気体との体積の違いも感じることができる。

【安全面】

- 保護メガネを着用させる。
- 2-メチル-2-プロパノールは引火性液体である。火から遠ざけて使用させる。直接加熱せず、湯せんで加熱する。また、特異臭があり、有毒であるので換気をしながら実験を行う。
- ヨウ素は素手で触らないように指示する。ヨウ素を机に落とした場合は拾わず、申し出るように指示する。手袋を用いてもよい。手につくと褐色に変色するが、時間が経つと元に戻る。5%程度のチオ硫酸ナトリウム水溶液で脱色してもよい。衣服への着色もチオ硫酸ナトリウム水溶液によって脱色できる。また、ヨウ素の蒸気は有毒であるので、ビーカー内の紫色の蒸気が見えなくなってからフラスコを外し、蒸気を吸い込まないように指示する。

【後処理】

- ヨウ素は回収して再利用する。廃棄する際は、ヨウ化カリウム溶液にヨウ素を溶解し(モル比・約2:1)、希塩酸で酸性とした後、チオ硫酸ナトリウム溶液で還元脱色する。さらに希水酸化ナトリウム溶液で中和後、大量の水で希釈し処分する。
- 2-メチル-2-プロパノールは、できるだけ回収して、再利用する。廃棄するときは有機廃液とする。ビニール袋ごと回収し再利用してもよい。

導 入

【ポイント】

- 状態変化と熱運動との関係に興味・関心を高める。
- 微視的な視点に注目させる。

【導入例】

- それぞれの状態を、生徒を粒子に見立ててモデル化する。
生徒自身が粒子になり、それぞれの状態について演じることにより、イメージできるようにする。
 - ・固体：生徒が腕を組んでつながる。
 - ・液体：生徒が何人かずつ手をつないでいる。そのグループが何個かある。
 - ・気体：生徒一人一人が自由に走り回る。
- 拡散を見せる。
- ビーカーで水を沸騰させ、その様子をよく観察させる。宿題として自宅で鍋の水をわかすなどして沸騰の様子を観察させてもよい。

◎準備

準備の流れ

1ヶ月前～

(発注, 調製, 代替の検討時間含む)

- ☐ 材料の準備
- ☐ 実験室の備品確認

～前日

- ☐ 材料の確認
- ☐ 氷を作る
- ☐ チャック付き袋にたこ糸をつける
- ☐ 器具・教材の分配

当日

- ☐ 器具・教材の分配

必要な材料・器具・薬品

準備で必要なもの

チャック付きの袋, たこ糸, 目打ち (千枚通し) など穴をあけるもの (穴あけパンチでもよい)

チャック付きの袋の必要量 $1 \text{ 個} \times (\quad) \text{ 班} = (\quad) \text{ 個}$ 再利用する場合は1クラス分

たこ糸の必要量 $30 \text{ cm} \times (\quad) \text{ 班} = (\quad) \text{ cm}$

当日必要なもの

[器具] ビーカー (500, 300, 100), 丸底フラスコ, ペトリ皿, 割りばし, プラスチックスプーン, プラスチックカップ, 三脚, 金網, ガスバーナー, 着火器具

[薬品] 2-メチル-2-プロパノール, ヨウ素

2-メチル-2-プロパノールの必要量 $1 \text{ mL} \times (\quad) \text{ 班} = (\quad) \text{ mL}$

ヨウ素の必要量

☆教材の入手方法

①2-メチル-2-プロパノール (t-ブタノール)

理科消耗品カタログなどで購入可能 500mL で 3,500 円程度

②ヨウ素

理科消耗品カタログなどで購入可能 25g で 2,400 円程度

③チャック付きビニール袋 50×70mL

100 円ショップなどで購入可能 55 枚で 108 円など

④たこ糸

100 円ショップなどで購入可能 40m で 108 円など

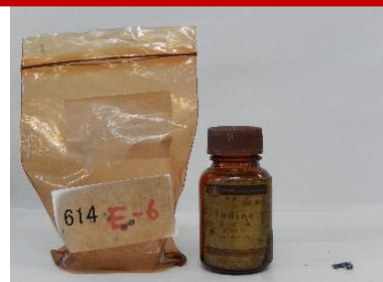
⑤プラスチックカップ (マヨネーズカップ)

※なくてもよいが, 実験の試料配付に便利

インターネットでも購入可能 本体 50 個で 450 円程度

ふた 50 個で 300 円程度

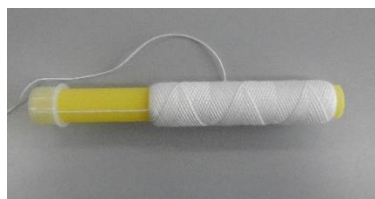
100 円ショップなどでも購入可能 ふたつき 7 個で 108 円



②



③



④



⑤

当日のセット

☆生徒用

[器具]

☐ 500mL ビーカー	1 個
☐ 300mL ビーカー (氷用)	1 個
☐ 100mL ビーカー (乾いたもの)	1 個
☐ 100mL 丸底フラスコ	1 個
☐ ペトリ皿	1 個
☐ チャック付き袋 50mm×70mm	1 個
☐ たこ糸	30cm 程度
☐ プラスチックスプーン	1 個
☐ 割りばし	1 本
☐ プラスチックカップ (試料用)	2 個
☐ 三脚	1 個
☐ 金網	1 個
☐ ガスパナー	
☐ 着火器具	
☐ 保護メガネ	

[薬品]

☐ 2-メチル-2-プロパノール	1 mL 程度
☐ ヨウ素	薬さじ小 1
☐ 氷	5, 6 個程度

☐ 500mL: 湯せん用。使用するチャック付袋を小さくする場合は、このサイズでなくてもよい。また、鍋やウォーターバスで代用可。

300mL: 氷水用。このサイズでなくともよい。

100mL: ヨウ素の昇華用。フラスコとセットで使用するので、フラスコのサイズに合わせたビーカーを用いる。

☐ ペトリ皿は、バットやポリエチレンのトレイなど平たい入れ物で代用可。

☐ チャック付袋のサイズは 500mL ビーカーで湯せんにかける際に適したサイズである。これより大きいと、湯に接しない袋の部位が生じ、そこで、蒸発した 2-メチ-2-プロパノールが再び凝縮する現象が起きるため、封入した液体全てを気体にすることが難しくなる。また、これ以上小さくする場合は、液量を少なくするか、袋いっぱい膨らんだらすぐに湯から引き上げる等する。また、再利用もできるので、1 クラス分のみの準備でもよい。ただし、2 クラス目以降で行う場合、一度袋を開け、液量を確認し、必要に応じて足してから行う。真空度合いが高いと凝固が透明で見にくい場合がある。

☐ たこ糸は紐状の物であれば代用可。

☐ プラスチックのスプーンは薬さじでなくてよい。ヨウ素は鉄を腐食するためプラスチック製の物を用いる。

☐ 割りばしはビーカーの口を渡せる物で熱くなりにくい物であれば代用可。

☐ 2-メチル-2-プロパノールの代用品は難しい。融点、沸点がそれぞれ 0 ~ 100℃ のもので、有害性の低い物であれば代用可。

☐ ヨウ素はナフタレンで代用可。

★教員用

☐ 生徒用と同じもの



(1) 前日まで

- 材料や器具の確認・調達を行う。
- チャック付袋のチャックより外側にたこ糸を通す穴を空ける。
- 氷を作成しておく。

(2) 実験当日

- 材料や器具の分配を行う。



◎観察，実験

観察，実験の流れ

□導入（10 分）

- ＊導入のポイント及び例を参照
- ＊目的を理解させる

□観察，実験（25 分）

- ＊(1)の手順と安全面を指導する
 - ・2-メチル-2-プロパノールを密閉容器に封じ，冷却，加熱をし，状態変化を観察する
- ＊(2)の手順と安全面を指導する
 - ・ヨウ素をビーカーに入れ，水を入れたフラスコを上置き加熱し，昇華の様子を観察する
- ＊操作はみんなで分担して行うよう指導する
- ＊机間指導を行いながら，生徒への実験のアドバイスや注意を促す

□結果のまとめ，考察，授業のまとめ（10 分）

□後片付け（5 分）

手順

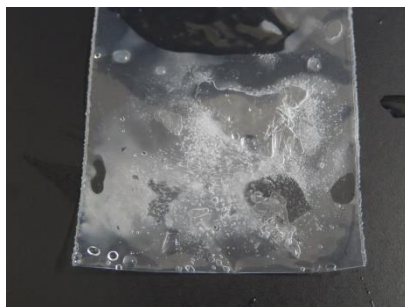
時間のめど（およそ 20 分）

(1) 2-メチル-2-プロパノールの状態変化

- ① 500mL ビーカーに水道水を 100mL 程度入れ，ガスバーナーで湯を沸かし始める。
- ② チャック付きビニール袋に 2-メチル-2-プロパノールを入れ，なるべく空気が入らないようにしてチャックを閉じる。
- ③ ペトリ皿に氷を敷き，②の袋を氷の上に置き，様子を観察する。液体部分が氷に当たるようにする。**よく観察すると，針状の結晶が生じるのが見られる。**
ポイント！ガスバーナーの近くで行うとなかなか凝固しないので，少し離れたところで行う。
- ④ 固体になった 2-メチル-2-プロパノールを手で温め，液体に戻す。



(1)－③－1



(1)－③－2



(1)－④

- ⑤ ④のビニール袋の上隅にある穴にたこ糸を通して輪を作って結び、割りばしにかけ、①の水道水が沸騰したら火を止め、ひもを通したビニール袋をその中に入れ様子を観察する。
- ⑥ ビニール袋がいっぱいに膨らんだら割りばしを持ち上げてビニール袋を湯から上げ、様子を観察する。

ポイント！膨らんでもなお湯につけておくと、**気体が漏れ始めるので、膨らんだらすぐに引き上げる。**



(1)－⑤－1



(1)－⑤－2



(1)－⑤－3

(2) ヨウ素の昇華

- ① (1)2-メチル-2-プロパノールの状態変化で使用した氷を、とけ出した水ごと、氷が入っていたビーカーに入れ、50mL 程度になるように水を加える。
- ② ヨウ素を乾いた 100mL のビーカーに、プラスチックスプーンを用いて少量 (米粒大の 1/2 程度) とる。
- ③ 丸底フラスコに①の氷水をフラスコの球部分の半分程度まで入れ、②のビーカーの上に置く。
- ④ ③を金網の上に置き、ガスバーナーの弱火で加熱する。

ポイント！強火で加熱すると昇華せず液体になる場合がある。砂浴（鉄皿に砂を敷き、その上に③をのせて加熱）を用いてもよい。

- ⑤ ヨウ素が気体になったら火を止め、ビーカー内の紫色の気体がほぼ見えなくなったら丸底フラスコの底を観察する。



(2)－④－1



(2)－④－2



(2)－⑤

結果のまとめ

以下の点などについて確認し、結果をまとめる。

- ① 温度変化に伴う状態変化を確認できた。
- ② 状態変化に伴う（液体→気体、固体→気体）の体積変化を確認できた。
- ③ 昇華、凝結を観察できた。

考 察

次の点などについて、考察させ、プリントに記入もしくは発表させる。

- ① 熱運動と分子間力の関係から考える、凝固、融解、蒸発、凝縮が起こる仕組み。
- ② 物質によって沸点が異なる理由。

授業のまとめ

以下の視点を参考に、授業のまとめを行う。

- ① 温度の変化により熱運動が変化し、状態が変化することが理解できた。
- ② 昇華、凝結の現象を理解することができた。

後片付け

生徒に次のように指示する。

- ヨウ素の昇華で用いたビーカーと丸底フラスコはそのまま回収する。
- 2-メチルー2-プロパノールは袋のまま回収する。
- ヨウ素を入れたプラスチックカップと割りばしはそのまま回収する。
- 上記以外は洗う。

失敗例

●状態1 凝固が起こらない。

原因1 氷と密着していない。

融点は、25℃であるから、氷水でも凝固するはずであるが、観察するために片側のみ冷水につける。そのため、氷との間に隙間があるとなかなか温度が下がらず、凝固が始まらない。指で上から氷に押し付け密着させる。

原因2 実は凝固している。

2-メチルー2-プロパノールは無色透明で1 mL と少量であるため、静かに凝固すると無色透明で凝固の様子が確認できない場合がある。氷に密着させ急冷させると、針状に凝固の様子が確認できる。

●状態2 蒸発があまり進まない。

原因 チャック付き袋が大きすぎる。

袋が大きすぎ、湯と接する面が小さくなると、蒸発によって生じた気体が、袋内の湯に接していない部分で温度が下がり、凝縮し再び液体になる。つまり、蒸発と凝縮が同時に起きて、なかなか液体すべてが気体にならない。湯に接する面積をできるだけ大きくするとよい。袋の上から湯をかけてもよい。

●状態3 ヨウ素が昇華せず液体になった。

原因 急激に加熱した。

ヨウ素の融点は 113.6℃で沸点は 184.3℃である。本来蒸気圧が小さいため液体にならず気体になるが、急激に加熱すると液体になる。弱火で緩やかに加熱するか砂浴（手順(2)④ポイント参照）するとよい。

別 法

別法① シリンジを用いて体積変化を観察する。

100mL シリンジにシクロヘキサンやエタノールを数滴入れ、空気を抜いて栓をし、熱湯に浸して体積変化を観察する。

別法② エタノールの沸点をはかる。

別法③ ライター専用ガスの沸騰。

ライター専用ガスボンベのガスをチャック付きビニール袋に噴出させ、液体をためる。その液体を手で触ると、沸騰し気体となる



9

ナトリウムの性質 ～アルカリ金属元素の性質～

化学と人間生活との
かかわり

物質の探究

物質の構成粒子

物質と化学結合

物質と化学反応式

化学反応

巻末資料

難易度	教材の入手日数	準備時間	実施時間
★☆☆	1 カ月	1 時間	50 分

目的と内容

ナトリウムの性質を調べることで、アルカリ金属元素の特徴を確認するとともに、周期表について理解を深める

「原子の構造及び電子配置と周期律との関係を理解させる。また、物質の性質について観察、実験などを通して探究し、化学結合と物質の性質との関係を理解させ、物質について微視的な見方ができるようにする」ことがこの単元の主なねらいである。また、「元素の周期律及び原子の電子配置と周期表の族や周期との関係について理解させること」がここでのねらいである。

ここでは、ナトリウムを用い、切断して軟らかさや金属光沢、空気との反応性を調べたり、水との反応を調べたりすることにより、アルカリ金属元素の性質について理解を深めさせる。



既習事項

小学校：4年生の「空気と水の性質」

中学校：1年生の「物質のすがた」

2年生の「物質の成り立ち」

3年生の「水溶液とイオン」

中学校2年生では、原子の性質を整理した表を周期表ということ（ただし、元素という用語は扱っていないため、「元素の周期表」ではなく、「周期表」）や、周期表は縦の列に化学的性質のよく似た原子が並ぶように整理されていることを学習している。

留意点

【指導面】

○元素の周期表について

元素を原子番号の順に配列すると、元素の化学的性質が次第に変化し、性質のよく似た元素が周期的に表れる。周期的に表れる性質として、単体の融点、原子の大きさ、原子の第1イオン化エネルギーや価電子数などがある。これらの周期性を元素の周期律といい、この周期律にもとづいて、元素を原子番号の順に並べ、性質のよく似た元素が同じ縦の列に並ぶように配列した表を元素の周期表という。

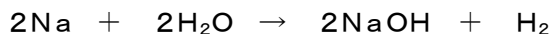
周期表の縦の列を族、横の行を周期という。周期表の同じ族に属する元素を同族元素といい、価電子数が同じで、化学的性質がよく似ている。そのため、固有の名称でよばれるものがある。たとえば、水素を除く1族元素をアルカリ金属元素、ベリリウム、マグネシウムを除く2族元素をアルカリ土類金属、17族はハロゲン、18族は希ガスとよばれる。

周期律を考える上で、電子配置つまり最外殻電子が重要であることを理解させる。また、化学基礎においては、主に取り扱う元素は原子番号1～20番までで、大抵、生徒はそれらを暗記する。生徒にとって、暗記以外で元素の周期表を活用する場面が少ないことから、その必要性を感じられない場合が多い。習っていない元素であっても、それと同族の他の元素から、その性質をある程度推測できることなどから、周期表の必要性を感じさせたい。

○今回の実験について

アルカリ金属は軟らかいのが特徴の一つである。カッターナイフなどで容易に切ることができる。切り口は金属独特の光沢が見られるが、空气中で直ちに酸化され、金属光沢を失う。

また、アルカリ金属は水と反応し水素を発生する。ナトリウムと水の反応式は次のようになる。



水に濡らしたろ紙上では、水と反応し、その反応熱によりナトリウムが融解し球体となり、転がりながら反応を続け、発火点に達すると炎を出して燃える。このとき、発生する白煙は水酸化ナトリウムもしくは酸化ナトリウムであると考えられる。空气中では、同時に生じた水素も発火する。

少量のナトリウムと多量の水との反応では、反応熱が水が吸収するため発火点に達することはない。水面上でろ紙のときと同様に、球体となり転がりながら反応する。発生した気体は水素であるため、ゴム栓で封じ、それに火をつけると、ポンという音とともに燃焼する。また、水溶液は水酸化ナトリウム水溶液となるため、強塩基性であり、フェノールフタレインにより赤変する。

水と灯油を混ぜると、上層が灯油、下層が水の二層の状態になる。ナトリウムは灯油とは反応しないが、水と反応するため、水と油の境目で水と反応し水素を生じ跳ね上がる。灯油中では反応せず、また、灯油より密度が大きいため灯油中に沈み、ふたたび、水との境目で水と反応し跳ね上がる。これを繰り返すので、ナトリウムがジャンプを繰り返しているように見える。カリウムでも同じ反応が見られるが、リチウムは灯油より密度が小さいため、また、ルビジウムなど原子番号の大きいアルカリ金属では水より密度が大きいためこのような反応は見られない。

【安全面】

○ナトリウムは皮膚を腐食するので、ピンセットで扱い、直接手で触らないように注意し、必ず保護メガネを着用させる。

○水との反応の際生じる白煙は強アルカリ性で有毒であるので、吸い込まないように指示する。

【後処理】

○灯油と水の混合液は有機溶媒として回収する。

導 入

【ポイント】

- ナトリウムの性質に興味・関心を高める。
- 物質の性質を決める要素として何があるか疑問をもたせる。

【導入例】

- 銅や鉄など生徒が考える金属を見せる。
- ナトリウムを頭に思い浮かべさせる（塩化ナトリウムや水酸化ナトリウムなどの化合物が思い浮かぶ生徒がほとんど）。そこで、「単体のナトリウムは？」と発問する。
- ナトリウム以外のアルカリ金属元素（例えば、リチウムやルビジウムなど）の性質について発問する。
生徒が挙げた性質、もしくは分からない場合はどのような性質をもつかを調べたいが、そのものがないことから、どの元素を調べればおおよその性質が分かるか発問する。この導入を行った際は、同族元素であれば、ほとんど同じ性格ではあるが、異なる点もあることを授業の最後に確認する。例えば、リチウムは灯油より密度が小さいため、灯油に浮いてしまい、灯油と水の2層の液でのナトリウムの反応では、ナトリウムと同様の反応は見られない。また、同族元素でも、なぜそういった性質の違いが生じるのか、発展問題として考えさせてもよい。

◎準備

準備の流れ

1ヶ月前～

(発注, 調製, 代替の検討時間含む)

- ☐ 材料の準備
- ☐ 実験室の備品確認

～前日

- ☐ 材料の確認
- ☐ 灯油の準備
- ☐ 器具・教材の分配

当日

- ☐ 器具・教材の分配
- ☐ ナトリウムを直前に切り分ける

必要な材料・器具・薬品

準備で必要なもの

灯油, 灯油容器

当日必要なもの

[器具] 50mL ビーカー, 500mL ビーカー, ろ紙, 試験管, カッター, ピンセット, ゴム栓, 着火器具, 保護めがね

[薬品] ナトリウム, 蒸留水, 灯油

灯油の必要量 $10\text{mL} \times (\quad) \text{ 班} = (\quad) \text{ mL}$

ナトリウム必要量 米粒4個分 (約 0.08g) $\times (\quad) \text{ 班} = (\quad) \text{ g}$

☆教材の入手方法

①ナトリウム (塊)

理科消耗品カタログなどで購入可能

②灯油

石油ストーブなどに用いる灯油を用いる。



- ① 左のナトリウムが入った容器をクッション材で包み, 右の金属製の缶に入れて保管



- ① ナトリウムの塊
灯油中でも表面は酸化している

当日のセット

☆生徒用

[器具]

□ビーカー50ml (灯油とナトリウム)	1 個
□500mL ビーカー	1 個
□ろ紙	
任意のサイズ	1 枚
ビーカーの底と同サイズ	1 枚
ビーカーの口より大きいサイズ	2 本
□試験管	1 本
□カッター	1 本
□ピンセット	1 個
□ゴム栓 (試験管より大きい径)	1 個
□着火器具	1 本
□点眼瓶 (フェノールフタレイン用)	人数分
□保護めがね	

[薬品]

□ナトリウム	米粒 4 個分程度
□蒸留水	洗浄瓶 1 本
□灯油	約 10mL
□フェノールフタレイン	点眼瓶 1 本

□ビーカーの大きさは別でもよい。ただし、灯油とナトリウムを入れるビーカーは、ナトリウムが浸る程度の灯油が必要であるので、大きすぎると灯油の必要量が多くなる。

□ろ紙は、任意のサイズ 2 枚は、ナトリウムを切る際に重ねて使用する。ビーカーの底と同サイズのものは、ビーカーの底に敷くために使用する。底よりもサイズが小さいと、ろ紙とビーカーとの隙間にナトリウム片が入り込み、熱でビーカーが割れてしまうこともあるので注意が必要である。ビーカーの口より一回り大きいサイズのものは、ビーカーにふたをするために使用する。

□ゴム栓は試験管の口より大きいものであればよい。

★教員用

□生徒用と同じもの



(1) 前日まで

- 材料や器具の確認・調達を行う。
- 灯油を石油ストーブやポリタンクから必要量を別容器に取っておく。
- フェノールフタレインを調製する。(巻末資料参照)

1 班分のナトリウムの大きさ

灯油に入れて配付

(2) 実験当日

- 材料や器具の分配を行う。
- ナトリウムは灯油に含まれる水とも反応するので、できるだけ直前に切り分ける。

◎観察，実験

観察，実験の流れ

□導入（5分）

- ＊導入のポイント及び例を参照
- ＊目的を理解させる

□観察，実験（30分）

- ＊手順を指導する
 - ・硬さ，空気との反応性を観察する
 - ・水との反応（ろ紙上での反応 水溶液の液性）
 - ・二層の液体（水，灯油）中での反応
- ＊安全面を指導する（留意点の安全面を参照）
- ＊操作はみんなで分担して行うよう指導する
- ＊机間指導を行いながら，生徒への実験のアドバイスや注意を促す

□考察，まとめ（10分）

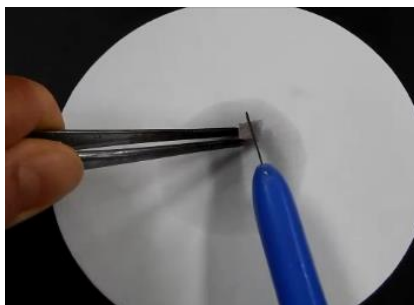
□後片付け（5分）

手順

時間のめど（およそ 25 分）

(1) 硬さ，空気との反応性を確かめる

ろ紙を2枚重ねて，その上にナトリウム片を取り出し，ピンセットで押さえながら，カッターナイフで切り，切り口を観察する。切っただけは金属光沢が見られる。空気中に置くと酸化され，すぐに金属光沢が失われる。



(1)－1



(1)－2

(2) 水との反応 I

- ① ビーカーの底にろ紙を敷き，ろ紙が十分に湿るように蒸留水をかけ，余分な水を捨てる。
図では，ビーカーに捨てているが，流しに捨ててよい。



(2)－①－1



(2)－①－2



(2)－①－3

- ② 米粒大のナトリウム片をピンセットで取り出して、ビーカーのろ紙上に置き、すぐに別のろ紙でビーカーの口にのせてふたをして、変化を観察する。

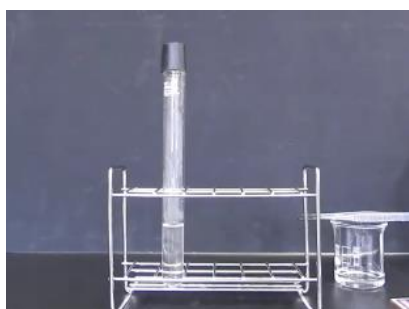
注意！白煙は水酸化ナトリウムもしくは酸化ナトリウムである。吸い込むと危険なので必ずろ紙でふたをし、白煙が収まってからふたを外す。



(2)－②－1

(3) 水との反応Ⅱ

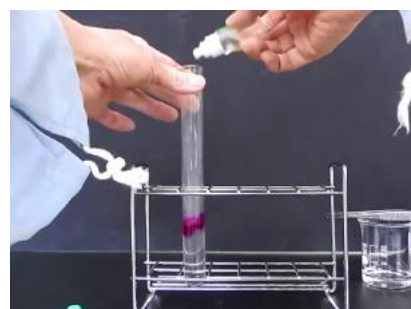
- ① 試験管の 1/4 程度まで蒸留水を入れ、米粒大のナトリウム片をピンセットで入れ、ゴム栓の径の大きい側を下向きにして、試験管の口にのせて反応を観察する。
- ② Naがすべて反応したら、マッチに火をつけ、ゴム栓を取り、試験管の口に近づけ、発生した気体に火をつける。
- ③ ②の試験管の中にフェノールフタレインを1，2滴加えて、色の変化を見る。



(3)－①



(3)－②



(3)－③

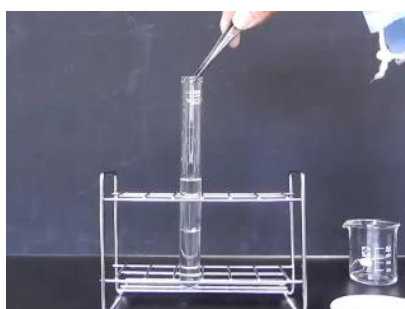
(4) 灯油と水の2層の液でのナトリウムの反応

- ① 試験管の 1/4 程度まで蒸留水を入れ、ほぼ同量の灯油を加え、水と灯油の2層溶液にする。
- ② ①にナトリウム片を入れるとどうなるか、予想させる。いくつかの予想を発表させる。

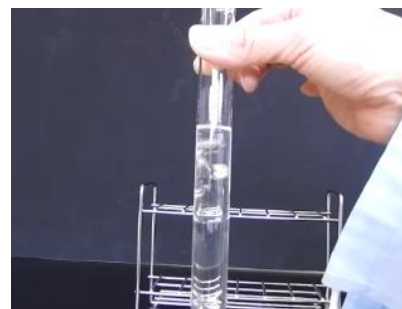
ポイント！(3)の反応の様子と、灯油中のナトリウム片から考えさせるようにする。ビーカー内の灯油では分かりにくい場合は、灯油を試験管に入れ、ナトリウム片を入れた状態を生徒に見せるとよい。

- ③ ①に米粒大のナトリウム片を入れ、様子を観察する。

ポイント！ナトリウム片が試験管の内壁に張りついてしまうことがある。試験管を揺らしたり、ガラス棒でつついたりして、内壁から離すようにする。



(4)－③－1



(4)－③－2

考 察

次の点などについて、考察させ、プリントに記入もしくは発表させる。

- ① ナトリウムを切ったときの様子から分かる性質は何か。
- ② 水との反応で発生した気体にマッチの火を近づけたらどうなったか。また、その結果、発生した気体は何であると考えられるか。
- ③ フェノールフタレインを入れた結果から分かることは何か。
- ④ 灯油と水 2 層中での反応はなぜ起こるか。
- ⑤ ②、③より、水とナトリウムの反応を化学反応式で示す。
- ⑥ この実験から分かるアルカリ金属元素の性質をまとめる。

まとめ

以下の視点を参考に、まとめを行う。

- ① ナトリウムの性質が分かった。
- ② アルカリ金属元素の性質が分かった。

後片付け

生徒に次のように指示する。

- ろ紙は、ビニール袋に回収する。
- 残ったナトリウム片、灯油はそのまま回収する。
- フェノールフタレインを加えた溶液は塩基性廃液として回収する。
- 灯油と水の混合液は、有機廃液として回収する。
- 器具はすべて水洗いする。カッターを洗うときは手を切らないように注意させる。

失敗例

●状態 灯油と水の二層中での反応でジャンプを繰り返さなかった。

原因 1 ナトリウムは本来灯油より密度が大きいため沈むはずだが、水との反応で生じた水素がナトリウムのまわりに付着したため、灯油中でも浮いてしまった。

少し試験管を振ると、ナトリウムに付着した水素が振動で離れるため、再び沈み、水との境界線で反応しジャンプを行う。

原因 2 試験管の内壁にナトリウムが付着してしまった。

水との反応熱で融解したナトリウムは内壁に付着しやすくなる。原因 1 と同様に試験管を少し振ってはなすか、ガラス棒で触ってはなす。また、少し太めの試験管を用いてもよい。

別 法

別法① リチウムやカリウムで行う。

カリウムはナトリウムとほとんど同じであるが、リチウムはナトリウムより反応性が小さく、また、灯油より密度が小さく灯油にも浮かぶため、灯油と水の二層での反応実験は行うことができない。

別法② アルカリ土類金属元素のカルシウムや、2 族元素のマグネシウムも使い、水との反応の様子などから性質を比べる。

酸・塩基・クロム酸銅(Ⅱ)の電気泳動 ～陽イオンと陰イオン～

化学と人間生活との
かかわり

物質の探究

物質の構成粒子

物質と化学結合

物質と化学反応式

化学反応

巻末資料

難易度

★★☆

教材の入手日数

1 カ月

準備時間

2 時間

実施時間

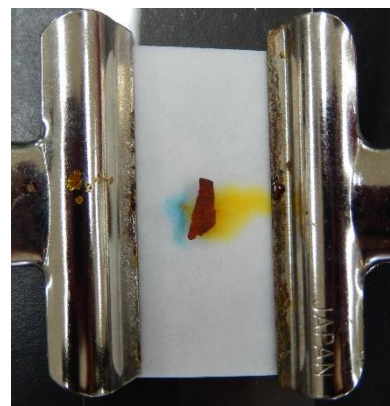
50 分

目的と内容

イオン結合でできた物質の電気泳動を行い、陽イオンと陰イオンの移動から、静電的な引力による結合であることを理解する

「イオンの生成を電子配置と関連付けて理解させるとともに、イオン結合がイオン間の静電的な引力による結合であることや、イオン結合でできた物質の性質を理解させること」がこの単元の主なねらいである。

中学校の復習を兼ね、酸・塩基の電気泳動を行い、さらに、クロム酸銅(Ⅱ)を用いて、銅(Ⅱ)イオンとクロム酸イオンに分かれることを色から確認する。さらに、陽イオンは陰極に、陰イオンは陽極に移動することから、イオン結合が静電的な引力による結合であることを理解させる。



既習事項

小学校：3年生の「電気の通り道」「磁石の性質」
4年生の「金属、水、空気と温度」
5年生の「物の溶け方」
6年生の「水溶液の性質」

中学校：1年生の「物質のすがた」「状態変化」「水溶液の性質」
2年生の「物質の成り立ち」「化学変化」「電流」
3年生の「水溶液とイオン」「酸とアルカリとイオン」

中学校3年生の「酸とアルカリとイオン」では寒天を用いたイオンの移動の観察実験を行っている。これについては、別法参照。イオン式は指導要領においては触れる程度であるため、代表的なイオン式を書けない生徒も予想される。

中学校2年生の「電流」では、静電気の性質として、同種の電気を帯びた物体どうしは退け合い、異種の電気を帯びた物体どうしは引き合うことを学習している。

留意点

【指導面】

○イオン結合はイオン間の静電的な引力による結合である。電気泳動を行い、陽イオンを陰極に、陰イオンを陽極に移動させることから、理解させたい。

○中学校では寒天を用いたイオンの移動実験を行っている。この際、磁石と同様に異なる極が引きつけあうことつまり静電的な引力についても学んでいる。しかし、実際に磁石を用いて異なる極が引きつけ合うことを確認できる磁石に対し、電氣的に+と-が引きつけ合うことは、日常生活において目で見るのがほとんどなく、納得できていない生徒もいる。磁石のN極とS極が引きつけ合い、N極同士、S極同士は反発するのと同様に、電氣的に+の電荷を帯びた物は-の電荷を帯びた物と引きつけ合うことを確認する必要がある。そこから、陽イオンは陰極に、陰イオンは陽極に引き付けられ移動することを確認する。

○今回の実験について

万能 pH 試験紙はいろいろな pH 指示薬をろ紙に浸して乾燥させた物であり、pH つまり水素イオン濃度の変化によって指示薬を構成する分子の構造が変化するため、色が変化する。

塩酸は、水素イオン H^+ と塩化物イオン Cl^- に電離する（厳密には、 H^+ は水と配位結合し、オキソニウムイオン H_3O^+ として存在しているが、便宜上 H^+ と書き表す）。電圧を加えると、 H^+ が陰極に、 Cl^- が陽極に移動する。よって、陰極の方へ向かって酸性を示すオレンジ色が移動する。

水酸化ナトリウム水溶液は、ナトリウムイオン Na^+ と水酸化物イオン OH^- に電離し、 Na^+ が陰極に、 OH^- が陽極に、移動する。よって、塩基性を示す青色が陽極に向かって移動する。

クロム酸銅(Ⅱ) CuCrO_4 は銅(Ⅱ)イオン Cu^{2+} とクロム酸イオン CrO_4^{2-} とのイオン結合によるイオン結晶である。銅(Ⅱ)イオンは青色、クロム酸イオンは黄色、クロム酸銅(Ⅱ)自体は茶色である。電気泳動を行うと、陰極に向かって青色が移動し、陽極に向かって黄色が移動する。つまり、 Cu^{2+} は陰極に移動し、 CrO_4^{2-} は陽極に移動する。クロム酸銅(Ⅱ)は、茶色い物質が青色の物質と黄色の物質に分かれ、陽極と陰極に移動する様子は、イオン結合からなる物質への理解を深めるのに有効である。

これらのことから、イオン結合は、陽イオンと陰イオンが静電的な引力によって結合していることを確かめる。

【安全面】

○水酸化ナトリウムは皮膚を侵す。特に目に入ると失明する恐れがあるので、必ず保護メガネを着用させる。手などについた場合はよく洗うように指導する。

○クロム（特に六価クロム）は有毒なので、ピンセットで扱い、直接手で触らないように注意する。

【後処理】

○クロム酸銅(Ⅱ)は回収し、再利用する。風乾して保存すると、1年は使用できる。

○クロム酸銅(Ⅱ)水溶液をろ過した際のろ液は重金属廃液として単独で分別、保管し、処理資格を持つ専門の廃棄物処理業者に処理を委託する。

○塩酸、水酸化ナトリウムは保管し、他の実験に使用する。使用しない場合は中和してから水道に流す。
(巻末資料参照)

導 入

【ポイント】

- 陽イオンと陰イオンと静電的な引力との関係に興味・関心を高める。
- 磁石同様、同極同士は退け合い、異なる極は引きつけ合うことを確認する。

【導入例】

- 磁石を用い、陽イオンと陰イオンに見立て、同極同士は退け合い、異なる極は引きつけ合うことをみせる。静電的な引力も同様であることを確認する。

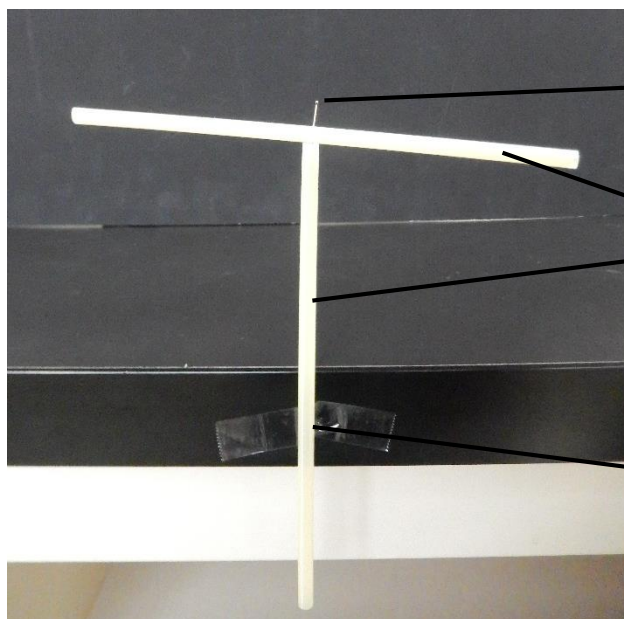
- 静電気の演示実験を行う。

中学校での実験を用いる。アクリル棒をポリエチレンラップで巻きはぎ取るとアクリル棒は正に帯電し、塩化ビニル棒を紙でこすると塩化ビニル棒は負に帯電する。この2つを、自由に回転できるストロー（ポリプロピレン）をポリエチレン袋でこすり正に帯電させ、自由に回転できる状態のものに近づける。または、電気くらのげ（ポリエチレンテープを20cmほどの長さに切り、中心に結び目を作り両端から細く裂き、紙でこすった物）を空中に投げ上げ、塩ビ棒とアクリル棒を近づける。

このとき帯電列を示し、上記が正、負どちらに帯電しているか確認する。



異なる物質同士をこすり合わせた時により正に帯電しやすいものを左側に、より負に帯電しやすい物を右側に記すと左図のようになる。どちらに帯電するかは、組み合わせによる。物質の表面状態によっては正負が異なったり、帯電列の近い物質同士をこすり合わせてもあまり帯電しなかったりする場合もある。



針

ストロー

セロハンテープで
机の脇などに固定

自由に回転できるストロー

◎準備

準備の流れ

1ヶ月前～

(発注, 調製, 代替の検討時間含む)

- ☐ 材料の準備
- ☐ 実験室の備品確認

～前日

- ☐ 材料の確認
- ☐ 硝酸カリウム水溶液, 塩酸, 水酸化ナトリウム水溶液の調製
- ☐ クロム酸銅(Ⅱ)を作る
- ☐ 器具・教材の分配

当日

- ☐ クロム酸銅(Ⅱ)を塩酸でしめらせる
- ☐ 器具・教材の分配

必要な材料・器具・薬品

準備で必要なもの

[器具] ビーカー, ガラス棒, 薬包紙, メスシリンダー, 電子天秤

[薬品] 硝酸カリウム(KNO_3), 塩酸(HCl), 水酸化ナトリウム(NaOH), 硫酸銅(Ⅱ)五水和物($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), クロム酸カリウム七水和物($\text{K}_2\text{CrO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), 蒸留水

必要量 硝酸カリウム(KNO_3)

2%硝酸カリウム水溶液 10mL $\times$ () 班 = (X) mL

よって, 必要な硝酸カリウムは $X \times 0.02 =$ () g

塩酸(HCl)

1 mol/L 塩酸 0.1mL $\times$ () 班 = (Y) mL

よって, 必要な濃塩酸は $Y \times 1/12 =$ () mL

水酸化ナトリウム(NaOH)

1 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液 0.1mL $\times$ () 班 = (Z) mL

よって, 必要な水酸化ナトリウムは $Z/1000 \times 40 =$ () g

当日必要なもの

[器具] 電源装置, 導線, 目玉クリップ, スライドガラス, ろ紙, 万能 pH 試験紙, ピンセット, はさみ, 点眼瓶, ビーカー

必要量 目玉クリップ 2個 $\times$ () 班 (1クラス最大数) = () 個

[薬品] 2%硝酸カリウム水溶液, 塩酸, 水酸化ナトリウム水溶液, クロム酸銅(Ⅱ)

☆教材の入手方法

①pH 試験紙（測定範囲が pH 1～11 もしくは 0～14 のもの）

理科消耗品カタログなどで購入可能

ロールタイプ 9mm×6mで2,000円程度

ブックタイプ 9×60mm20枚綴り10冊で1,100円程度

②目玉クリップ

100円ショップなどで購入可能 小なら6個で108円

③クロム酸カリウム K_2CrO_4

理科消耗品カタログなどで購入可能 500gで7,800円程度

④硫酸銅(Ⅱ)五水和物 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

理科消耗品カタログなどで購入可能 500gで3,100円程度

⑤電源装置がなければ9Vの角形乾電池を用いるか、1.5Vの乾電池（単3など）を6個直列につないで用いてもよい。

乾電池は 100円ショップなどで購入可能

9V角形乾電池 2個で108円

単3乾電池 4個で108円



①



②

当日のセット

☆生徒用

[器具]

- | | |
|------------------------------------|----------------|
| ☐ 電源装置 | 1台 |
| ☐ 導線 | 2本
(赤, 黒各1) |
| ☐ 目玉クリップ | 2個 |
| ☐ スライドガラス | 1～3枚 |
| ☐ ろ紙 | |
| ◇スライドガラスと同じ
大きさ | 4枚 |
| ◇そのままのもの | 1枚 |
| ◇1/4のもの | 1枚 |
| ◇切れ端程度のもの | 1枚 |
| ☐ 万能 pH 試験紙 | 1枚 |
| ☐ ピンセット | 1個 |
| ☐ はさみ | 1個 |
| ☐ 点眼瓶 (薬品用) | 3個 |
| ☐ 50mL ビーカー | 1個 |
| (クロム酸銅(II)用) | |
| ☐ 保護めがね | 人数分 |

[薬品]

- | | |
|---|--------|
| ☐ 2%硝酸カリウム水溶液 | 点眼瓶 1個 |
| ☐ 1mol/L 塩酸 | 点眼瓶 1個 |
| ☐ 1mol/L 水酸化ナトリウム水溶液 | 点眼瓶 1個 |
| ☐ クロム酸銅(II) CuCrO_4 | ごく少量 |

☐電源装置がない場合は 10V 程度とれるように

9V の乾電池を使用するか, 1.5V の乾電池を 6 個直列につないで使用してもよい。

☐導線は, プラスマイナスをはっきり見分けるため, できるだけ 2 色用意する。

☐ろ紙, 万能 pH 試験紙は, 失敗した時用に, 教卓に多めに準備しておく。

☐ろ紙

- ・スライドガラスと同じ大きさ→スライドガラスにのせて使用。クロム酸銅(II)の際は, 目玉クリップの大きさに合わせ, 半分の大きさでもよい。

- ・そのままのもの→スライドガラスの下に敷く。

- ・1/4 のもの→塩酸や水酸化ナトリウム水溶液を拭く。

- ・切れ端程度のもの→細く切って, 試料(塩酸と水酸化ナトリウム水溶液)を浸す。

☐万能 pH 試験紙はろ紙に BTB 溶液を浸して使用するか, 酸の際は青色リトマス紙, 塩基の場合は赤色リトマス紙で代用可。

☐点眼瓶がない場合は, 硝酸カリウム水溶液はペトリ皿に, 塩酸と水酸化ナトリウム水溶液は小さいビーカーや試験管などに少量ずつとる。その際は, 駒込ピペットを 2 本用意する。

★教員用

☐生徒用と同じもの



(1) 前日まで

○材料や器具の確認・調達を行う。

○試薬の調製を行う。

「必要な材料・器具・薬品」を参考に必要な量を計算し、次の通り試薬を調製する。

【2%硝酸カリウム水溶液】

必要量の蒸留水をメスシリンダーもしくは電子天秤ではかりとりビーカーに移し、そこに、硝酸カリウムを加えて溶かす。

例) 500mL (約 500 g) 調製するとき

蒸留水 490mL (490 g) をメスシリンダーもしくは電子天秤ではかりとりビーカーに移し、そこに、硝酸カリウム 10 g を電子天秤ではかりとり加えて溶かす。

【1 mol/L 塩酸】

必要量の塩酸の 11/12 体積の蒸留水をメスシリンダーではかりとりビーカーに移し、そこに、必要量の 1/12 体積の濃塩酸をメスシリンダーではかりとりって少しずつ加えて混ぜる。

例) 60mL 調製するとき (塩酸は 12 で割り切れる量で調製するとよい)

蒸留水 55mL をメスシリンダーではかりとりビーカーに移し、そこに、5mL の濃塩酸をメスシリンダーではかりとり、少しずつ加えて混ぜる。

【1 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液】

必要量の蒸留水をメスシリンダーではかりとりビーカーに移し、そこに、水酸化ナトリウムを手早くはかりとって加えて溶かす。

例) 50mL 調製するとき

蒸留水 50mL をメスシリンダーではかりとりビーカーに移し、そこに、水酸化ナトリウム 2 g を電子天秤で手早くはかりとり、加えて溶かす。

○クロム酸銅(Ⅱ) CuCrO_4 を作る。

① 1 mol/L の硫酸銅水溶液を作る。

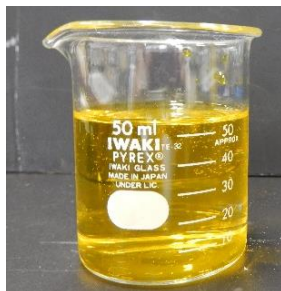
100mL の蒸留水に硫酸銅(Ⅱ)五水和物 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ を 25 g 加える。

② 1mol/L のクロム酸カリウム水溶液を作る。

100mL の蒸留水にクロム酸カリウム K_2CrO_4 を 19.4 g 加える。



①

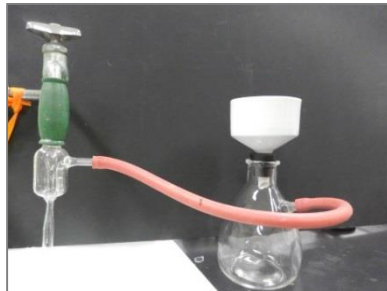


②

③ ①と②を混合し、吸引ろ過装置でろ過する。詳細は巻末資料参照。



③-1



③-2



③-3

- ④ ③の沈殿を風乾させる。
⑤ ろ液は重金属廃液として貯留する。



④

(2) 実験当日

○材料や器具の分配を行う。

薬品は生徒にはかりとらせてもよいが、あらかじめ試験管にとってから配ると、時間短縮ができる。

○風乾させたクロム酸銅(Ⅱ)を小さく砕き、塩酸で十分に湿らせたろ紙上に1分程度置き、イオンになりやすい状態にしておく。これを行わないと、移動に時間がかかる。時間が無い場合は、クロム酸銅(Ⅱ)に直接塩酸をかけてもよい。ただし、この場合、クロム酸銅(Ⅱ)の小片が小さすぎると溶けてしまうこともある。ろ紙上に置いたまましばらく置くと、塩酸が揮発してしまい効果がなくなるので、ろ紙がしめった状態にするよう注意する。クロム酸銅(Ⅱ)の電気泳動実験直前に生徒に配布するとよい。



◎観察，実験

観察，実験の流れ

□導入（5分）

- ＊導入のポイント及び例を参照
- ＊目的を理解させる

□観察，実験（30分）

- ＊手順を指導する
 - ・ pH 試験紙を用いた塩酸の電気泳動
 - ・ pH 試験紙を用いた水酸化ナトリウム水溶液の電気泳動
 - ・ クロム酸銅(Ⅱ)の電気泳動
- ＊安全面を指導する（留意点の安全面を参照）
- ＊操作は必ず全員で分担して行うように指導する
- ＊机間指導を行いながら，生徒への実験のアドバイスや注意を促す

□結果のまとめ，考察，授業のまとめ（10分）

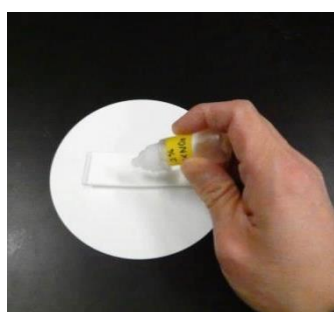
□後片付け（5分）

手順

時間のめど（およそ 25 分）

(1) 塩酸の電気泳動

- ① 電源装置のコンセントを差し，プラスに赤い導線，マイナスに黒の導線を差し込む。
- ② ろ紙を敷き，スライドガラスを置きその上にろ紙を重ねる。そのろ紙に，硝酸カリウム水溶液を全体が十分にしめるようにかける。**シャーレなどに硝酸カリウム水溶液をとり，それにろ紙を浸してスライドガラスの上に置いてもよい。**
- ③ ②の両サイド（短い方の辺）に目玉クリップをつけ，その目玉クリップに，導線をつなげる。
- ④ 万能 pH 試験紙をスライドガラスの中央に来るように置き，湿りが足りないようなら硝酸カリウム水溶液をかける。ロールタイプの pH 試験紙を用いる場合は，電極と pH 試験紙との間隔が 1.5cm 程度になるように長さを調節する。



(1)－②



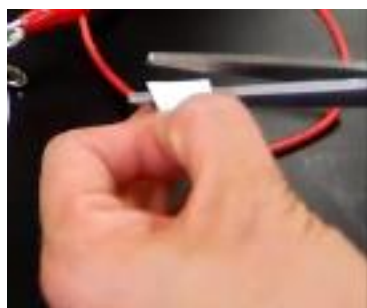
(1)－③



(1)－④

⑤ 一番小さなろ紙をさらに細く切り、1/4 サイズのろ紙上で塩酸を垂らし、余分な塩酸をろ紙で拭き取ったら、④の万能 pH 試験紙の中央にそれを置く。

⑥ 電源装置のボリュームを上げて、10Vになるようにし、観察する。



(1)－⑤－1



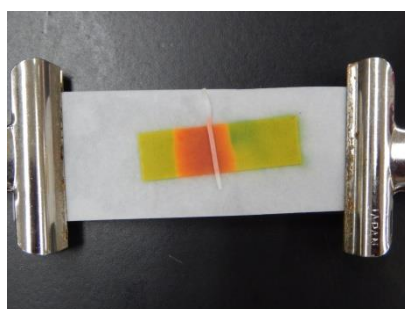
(1)－⑤－2



(1)－⑤－3



(1)－⑥－1

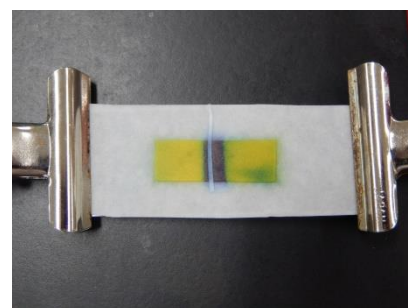


(1)－⑥－2

(2) 水酸化ナトリウム水溶液の電気泳動

(1) 塩酸の電気泳動と同様にし、塩酸ではなく水酸化ナトリウム水溶液を細く切ったろ紙に垂らして行う。

注意！水酸化ナトリウム水溶液は、粘膜を溶かすので目に入ると危険である。手についた場合は、すぐに十分に水で洗うこと。



(2)

(3) クロム酸銅(Ⅱ)の電気泳動

このときクロム酸銅(Ⅱ)を配布する。

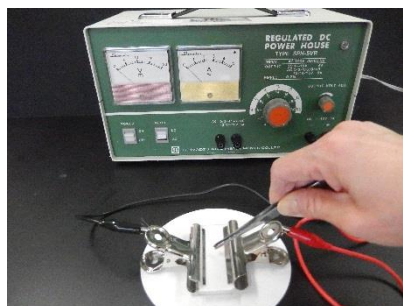
① 【塩酸の電気泳動】(1)の①、②と同様。

② (1)②の長い辺に目玉クリップを付ける。電極間の距離を小さくすることにより、電流が大きくなり、短時間で電気泳動を確認できる。

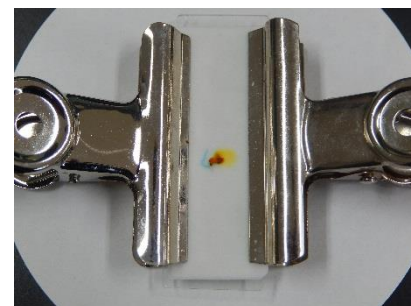
③ クロム酸銅(Ⅱ)の小さな塊を、ろ紙の中央に置き、電源装置のボリュームを上げて、10Vになるようにし、観察する



(3)－②



(3)－③－1



(3)－③－2

実験のまとめ

それぞれの結果を確認する。

考 察

次の点などについて、考察させ、プリントに記入もしくは発表させる。

- ① 塩酸の電気泳動の結果（pH 試験紙の色の变化）から、何イオンがどちらの極に向かって移動したことが分かるか。
- ② 水酸化ナトリウム水溶液の電気泳動結果（pH 試験紙の色の变化）から、何イオンがどちらの極に向かって移動したことが分かるか。
- ③ クロム酸銅(Ⅱ)の電気泳動の結果から、正極、負極にそれぞれ何イオンが移動したか。
- ④ 上記から分かる、イオン結合の特徴について考察させる。

授業のまとめ

「イオン結合は、陽イオンと陰イオンからなり、それが静電的な引力で結合していることが理解できた。」などの視点から、まとめを行う。

後片付け

生徒に次のように指示する。

- クロム酸銅(Ⅱ)はそのまま回収する。
- 使用したろ紙、pH 試験紙はゴミ箱に捨てる。
- スライドガラス、目玉クリップ、ピンセットは洗う。
- それ以外はそのまま回収する。

失敗例

●状態 1 塩酸、水酸化ナトリウム水溶液の電気泳動の際、電極付近で色の変化が見られた。

- 原因 1 pH 試験紙の大きさが長く、電極との間隔が短かった。
- 原因 2 長時間通電した。

塩酸の電気泳動では、陽極付近で水が電子を受け取り水酸化物イオンが生じるため、青色に変色する。また、水酸化ナトリウム水溶液の電気泳動では、陰極付近で水が電子を放出するため、水素イオンが生じ酸性を示す色に変化することがある。pH 試験紙を短く切り、電極との間隔は 1.5cm 程度とするか、通電は 5 分程度とするとよい。

●状態 2 クロム酸銅(Ⅱ)の銅イオンの青色の移動が見られなかった。

- 原因 1 時間が足りなかった。
- 原因 2 乾電池を用いたため、電圧が低かった。
- 原因 3 クロム酸銅(Ⅱ)の塩酸による処理時間が短かった。もしくは、塩酸が少なかった。

銅イオンの移動は、クロム酸イオンの黄色とは見え方が異なる。クロム酸イオンは試料から連続して陽極の方に移動していくのが見られる。それに対し、銅イオンの青色は、通電後最初に変化が見られないか、よく見ると極薄い青色が移動しているのが確認できる程度であるが、ある程度時間が経過

すると、試料から少し離れたところに青色ラインが形成される。この状態になるまでの時間は、基本的には2～3分程度であるが、クロム酸銅(Ⅱ)の状態や、電源に乾電池を用いた場合など、条件によって時間がかかる場合もある。

よって、青色変化が見られない場合も、4、5分は通電を行う。4、5分経過しても全く変化が見られない場合は、クロム酸銅(Ⅱ)をより塩酸に浸した状態で処理した物に交換し再度行う。

別法

別法① 寒天を用いて電気泳動を行う。

【準備】

ビーカー (300mL, 200mL, 100mL) , 三脚, 金網, ガラス棒, 硫酸ナトリウム, 寒天, B T B 溶液, ラップ, ストロー (炭素棒を入れるため 7 mm 以上のもの。市販品は 6 mm までのものが多い。インターネットの通信販売などで購入可能)

【寒天溶液を作る】

ア 300mL ビーカーに精製水を 250mL, 硫酸ナトリウム 2 g, 寒天 4 g を入れ, ガラス棒でかき混ぜながら中火で加熱し沸騰させる。

イ アを火から下ろし 200mL ビーカーに 100mL 注ぐ。(高さ 3 cm 程度)

ウ 残った溶液に B T B 溶液 10mL を加え, ガラス棒でよくかき混ぜる。このとき, B T B 寒天溶液が緑色にならなかった場合は, 水酸化ナトリウムを滴下し, 緑色になるように調製する。

ポイント！B T B 溶液が赤ないしオレンジ色でも寒天液に入れると, ほぼ緑色になるので, B T B 溶液を寒天液に入れてから調製するとよい。

エ ウを 100mL ビーカーに 125mL 注ぐ。(高さ 6 cm 程度)

オ イとエの寒天溶液にラップをして 2～3 時間放置し, 固まるのを待つ。

ポイント！ラップをして冷蔵庫に保管すると 1 週間はもつが, ラップをしないなど保存状態が悪いとカビが生えるので注意が必要である。

【寒天ストローを作る】

カ 固まった 2 種類の寒天をビーカーから取り出し, 1 本のストローに, 白色寒天→B T B 寒天→白色寒天の順番に突き刺し, 寒天をストローの端から炭素棒で静かに押してストローの中央に移動させる。

【実験準備】

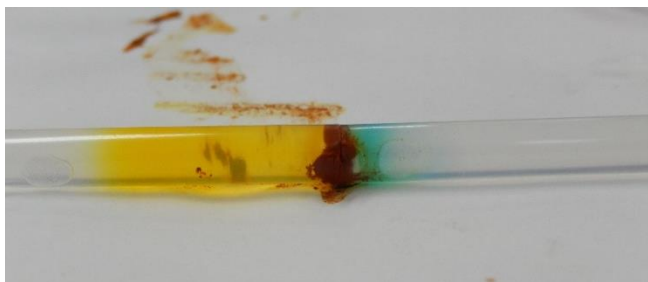
寒天ストロー, カッター, 塩酸, 水酸化ナトリウム水溶液, ろ紙小片, 炭素棒, 電源装置

【実験】

キ ストローの中央部 (B T B 寒天部分) にカッターで切り込みを入れる。

ク 塩酸もしくは水酸化ナトリウムを浸したろ紙の小片を切り込みに挟む。クロム酸銅(Ⅱ)で行う場合は, ろ紙を用いた電気泳動と同様に, 塩酸で処理した小片を切り込み部分に挟む。

ケ ストローの両端に炭素棒をつけ, 電源装置とつなぎ, 電気泳動を行う。



※班の数が多い場合、上記で作った寒天を分けて用いるか、まっすぐに刺すのが難しいB T B寒天をあらかじめ固まる前にストローを入れてから固まらせ、白色寒天はバットなどで作り切り分けて配ってもよい。

例) 10 班分を想定した場合。上記の 4 倍量でできる。

- a ストローを 44 本まとめビニールテープでまとめる。
- b 1000mL に Na_2SO_4 8 g と寒天 16 g の寒天液を作る。
- c b の寒天溶液のうち 150mL を 200mL ビーカーに取り（ビーカーの目盛りでよい），残りを全てバットに移す。
- d ビーカーにはかりとった寒天液に，B T B 溶液を 12mL 加えて混ぜ，緑色にならない場合は調製する。



a



b



c



d

- e c を 100mL ビーカーに移し，a のストローを静かに入れる。
- f 寒天が固まったら，ストローの入ったビーカーはストローごと逆さにしてから外す。外れたら，ビーカーの底だった側から少し押してストローの先が見えるようにし，ビニールテープを外して，ストローの間についた寒天を取り除く。

ポイント！ストローを引き抜くと中の寒天も抜けてしまうので，引き抜かずに寒天を外すように行う。

- g バットの白い寒天を外してから切り分ける。
- h 白い寒天の長い辺を利用して，まず，クロム酸銅(II)用のストローを作る。そのあと，短い方向を利用して，B T B 溶液が端まで来ている側に白色寒天を刺した後，炭素棒で白色寒天側から押し，B T B 溶液が端まで来てからもう片側にも白色寒天を刺す。



ペットボトルの銀めっき ～金属光沢～

化学と人間生活との
かかわり

物質の探究

物質の構成粒子

物質と化学結合

物質と化学反応式

化学反応

巻末資料

難易度	教材の入手日数	準備時間	実施時間
★☆☆	1 ヶ月	1 時間	30 分

目的と内容

ペットボトルに銀めっきを行い、
金属の性質の一つである「金属光沢」を確認する

「金属結合は自由電子が介在した結合であることや、金属結合でできた物質の性質を理解させること」が主なねらいである。金属の性質としては、電気伝導性、熱伝導性、展性、延性、融点などを金属結合と関連付けて扱う。

ここでは、金属の性質のうち、金属光沢について取り扱う。ペットボトルへの銀めっきを行い、金属光沢を確認するとともに、無色透明の水溶液から、銀が析出し、ペットボトルがめっきされていく様子を観察することで、化学への興味・関心を高める。



既習事項

- 小学校：3年生の「電気の通り道」「磁石の性質」
4年生の「金属、水、空気と温度」
中学校：1年生の「物質のすがた」「状態変化」「水溶液の性質」
2年生の「物質の成り立ち」「化学変化」
3年生の「水溶液とイオン」「酸とアルカリとイオン」

中学校1年生で、金属の性質を、電気を通すかどうかで調べる観察、実験を行っている。また、中学校でも、金属の性質として、「電気をよく通す」「金属光沢がある」「引っ張ると細くのびる」「叩くとうすく広がる」のように、電気伝導性や展性、延性といった言葉は用いていないが、性質はほとんど学習している。展性・延性という言葉は、コラム欄には示されている。また、「磁石につくことは金属に共通した性質ではない」とも学習しているが、「金属は磁石につく」と考えている生徒もいるので注意が必要である。

留意点

【指導面】

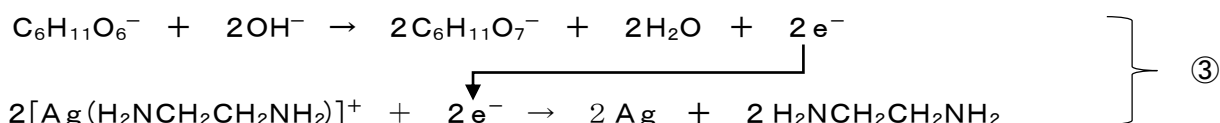
○金属の特性には金属光沢，電気伝導性（電気の良導体），熱伝導性（熱の良導体），展性，延性，融点（低いものから高いものまでである）などがある。これらの性質は自由電子に起因する。自由電子の存在を印象付けることで，金属結合について理解を深める。

○金属原子は、一般にイオン化エネルギーが小さく、価電子を放出しやすい。また、金属原子が集まり、最外殻の電子殻は相互に重なり合い、全ての金属原子の電子殻がつながった状態になる。そこで、放出された価電子が、つながった電子殻に入り、特定の金属原子に固定されることなく金属内を自由に動き回ることができるようになる。このような電子を自由電子という。この自由電子によって、正の電荷をおびた金属原子のまわりを動き回ることによって、ばらばらになろうとする金属原子を結びつける働きをしている。このような結合を金属結合という。

○金属光沢は、自由電子が入射した可視光のほとんどを反射してしまうために見られる。厳密に言うと、可視光を一度全て吸収し、直ちにその光のほとんどを再放出している。金、銀、銅で色が異なるのは、吸収する光が異なるためである。銀は可視光を全て反射するので銀白色、金は緑色より波長の短い光は吸収し、それより波長の長い黄色光を主に反射するので黄金色、銅は黄色より波長の短い光を吸収し、それより波長の長い赤色光を主に反射するので赤銅色の光沢となる。

○今回の実験について。

硝酸銀にエチレンジアミンを加えると、安定な銀キレート錯体 $[\text{Ag}(\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2)]^+$ が生じる①。グルコースは水酸化ナトリウムと反応し、還元性の高いグルコシドイオン $\text{C}_6\text{H}_{11}\text{O}_6^-$ になる②。グルコシドイオンは銀イオンを還元し自身は酸化されグルコン酸イオン $\text{C}_6\text{H}_{11}\text{O}_7^-$ になる③。そのため、還元された銀が析出し、銀めっきができる。この際、ペットボトルの内壁が親水化（表面が水になじみやすい状態）していないと、銀がうまく付着しない。そのため、使用するペットボトルは、中身を消費後すぐに水道水ですすぎ、実験の直前まで水道水を満たしておく必要がある。



また、硝酸銀は高価であるため、全クラス全班で500mLのペットボトルで行うと、かなり費用がかかってしまう。演示実験で行うか、ペットボトルのサイズを小さくする必要がある。演示実験で行う場合は、1.5Lのペットボトルで行うと見やすい。

アルデヒド基の検出の代表的な反応の一つとして銀鏡反応がある。通常、銀鏡反応では、アンモニア性硝酸銀水溶液（トレンス試薬）を用い、アルデヒド基の還元性により、銀が析出する。このアンモニア性硝酸銀水溶液は、爆発性の物質（雷銀 Ag_3N と銀アミド AgNH_2 の混合物）が生成する恐れがあり、学校で負傷者が出る事故も起きている。一方、この実験で用いる溶液は、爆発性の物質を生じる心配は無く、安定であるため、作り置きもできる方法である。

【安全面】

- 保護メガネを着用させる。
- 硝酸銀は、服や皮膚に付着すると、茶色から黒色に変色する。これは、銀イオンが有機物である服や皮膚から電子を奪って、銀の微粒子を遊離するためである。このとき、接した物は軽く腐食されることになるので注意が必要である。しかし、皮膚への少量の付着による着色は 10 日程度するとなくなるなどし、大きな害はないが、服への着色はとれない。保護手袋を着用したり、白衣を着たりするとよい。

【後処理】

- ペットボトルに残った液は、銀廃液として回収し、再利用する。
- 全クラスの実験が終わったら、ピペット等使用した器具を洗う。

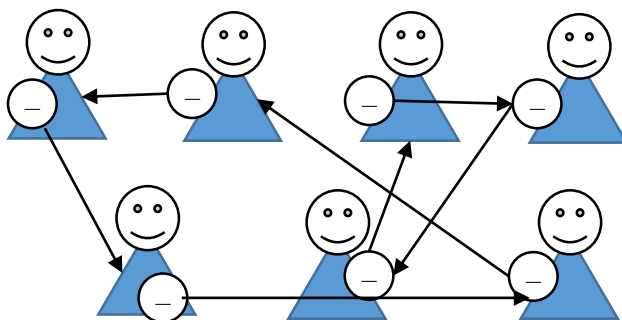
導 入

【ポイント】

- 金属の性質に興味・関心を高める。
- 金属結合の自由電子を印象づける。

【導入例】

- 生徒を粒子に見立てて金属結合のモデル化をする。生徒が金属イオンとなり、電子に見立てた物（型紙を丸く切って電子にしたり、教科書を電子に見立てたりする）を適当にぐるぐる回す。このとき、共有結合やイオン結合も同様に行い、性質の違いに着目させてもよい。



- 金属の性質の、電気伝導性、展性、延性について、なぜ、それらの性質があるのか、発問し、全て自由電子が関係していることを確認する。

◎準備

準備の流れ

1ヶ月前～

(発注, 調製, 代替の検討時間含む)

- ☐ 材料の準備
- ☐ 実験室の備品確認

～前日

- ☐ 材料の確認
- ☐ 試薬の調製
- ☐ ペットボトルの確保および処理
- ☐ 器具・教材の分配

当日

- ☐ 器具・教材の分配

必要な材料・器具・薬品

準備で必要なもの

〔器具〕 ビーカー, メスシリンダー, ガラス棒, 薬さじ, 薬包紙, 電子天秤, 褐色試薬瓶

〔薬品〕 硝酸銀, エチレンジアミン, グルコース, 水酸化ナトリウム, 蒸留水

必要量 使用するペットボトルの大きさによって異なる。

硝酸銀水溶液+エチレンジアミン溶液: グルコース水溶液: 水酸化ナトリウム水溶液
= 1 : 1 : 1 で用いる。

それぞれ, ペットボトルの容量の 1/100 程度 (500mL であれば 5mL) ずつ必要である。

例) 500mL ペットボトルを用いる場合

必要な硝酸銀水溶液 = グルコース水溶液 = 水酸化ナトリウム水溶液

$$5 \text{ mL} \times (\quad) \text{ 班} = (\quad \text{ X} \quad) \text{ mL}$$

X mL の硝酸銀水溶液を作るために必要な硝酸銀

$$\text{X} / 1000 \times 0.2 \text{ mol/L} \times 170 = (\quad) \text{ g}$$

必要なエチレンジアミン $2 \text{ mL} / 50 \text{ mL} \times \text{X mL} = (\quad) \text{ mL}$

必要なグルコース $\text{X mL} \times 1.5 / 100 \times = (\quad) \text{ g}$

必要な水酸化ナトリウム $\text{X} / 1000 \times 1 \text{ mol/L} \times 40 = (\quad) \text{ g}$

当日必要なもの

〔器具〕 ペットボトル, 駒込ピペット

〔薬品〕 0.2mol/L 硝酸銀水溶液+エチレンジアミン溶液, 1.5%グルコース水溶液,
1.0mol/L 水酸化ナトリウム水溶液

☆教材の入手方法

①硝酸銀 AgNO_3

理科消耗品カタログなどで購入可能

時価で高額 25 g で 8,500 円程度から

②エチレンジアミン $\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$

化学薬品取扱店にて購入可能 25mL で 1,700 円程度

③水酸化ナトリウム NaOH

理科消耗品カタログなどで購入可能 500 g で 1,500 円程度

④グルコース $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$

理科消耗品カタログなどで購入可能 500 g で 2,000 円程度

⑤ポリエチレン細口試薬瓶（遮光）

理科消耗品カタログなどで購入可能 100mL で 130 円程度

⑥ペットボトル

生徒に持参させるか、スーパーマーケットのペットボトル回収箱から店員に断った上で入手するなどする。なるべく容量の小さい物がよい。ペットボトルで手に入りやすい小さい物は、飲むタイプのヨーグルト 112mL がある。

飲むヨーグルト 112mL スーパー等で購入可能

1 本 130 円程度



⑤



⑥左 112mL 右 500mL

当日のセット

☆生徒用

[器具]

☐ 駒込ピペット	3 本
☐ ペットボトル (ふたつき)	1 個
☐ ポリエチレン細口遮光試薬瓶 (試薬用)	1 個
☐ 試験管 (駒込ピペット用)	3 本
☐ 試験管立て	1 台
☐ 保護めがね	人数分
☐ 手袋	1 組

[薬品]

☐ 0.2mol/L 硝酸銀水溶液 + エチレンジアミン溶液	1 ~ 5 mL
☐ 1.5% グルコース水溶液	1 ~ 5 mL
☐ 1.0mol/L 水酸化ナトリウム水溶液	1 ~ 5 mL

★教員用

☐ 生徒用と同じもの

☐ 駒込ピペットは使用する各試薬の量に応じた容量の物にする。

☐ ペットボトルは色つきでも無色でも透明であれば問題ない。サイズもどの大きさでもよいが、大きくなるほど溶液が必要になる。

☐ 調製した薬品はどれも保存可能であるが、エチレンジアミンはそのものをポリエチレン容器に保存すると、容器を腐食するので、ガラス瓶を用いる必要がある。生徒に調製させるために小分けにする場合はガラス製の容器を使用する。また、硝酸銀は光により分解しやすい感光性があるため、褐色容器に保存する。

☐ 試験管や試験管立ては、駒込ピペット立てに用いるものである。他のもので代用可。ただし、硝酸銀が作業台に垂れて気付かずに触ってしまうことのないように留意する。

☐ 手袋はゴムでもポリエチレンでもよい。

☐ 試薬の量は用いるペットボトルの大きさによって異なる。そのまま、保存できるので、多めに入れておき、はかりとらせるとよい。



(1) 前日まで

○材料や器具の確認・調達を行う。

○ペットボトルを準備する。

ペットボトルは中身を飲み終わったら、すぐに水道水ですすいでから水を満たし、使用するときまでその状態にしておく。留意点参照。

○試薬の調製をする。

下記の通り試薬を調製し、ポリエチレン細口遮光試薬瓶に分ける。このとき、試薬瓶と使用する駒込ピペットに同色のビニールテープ等で印を付けておくと、次のクラスでそのまま用いることができる。

【0.2mol/L 硝酸銀水溶液+エチレンジアミン溶液】

必要量の蒸留水をメスシリンダーではかりとりビーカーに移し、必要量の硝酸銀水溶液を加えて溶かす。そこに、エチレンジアミンを加えて混ぜ、褐色瓶に移す。

【1.5%グルコース水溶液】

必要量の蒸留水をメスシリンダーではかりとりビーカーに移し、必要量のグルコースを加えてガラス棒で混ぜて溶かし、保存瓶に移す。

【1.0mol/L 水酸化ナトリウム水溶液】

巻末資料参照。

例) 100mL ずつ調製する場合。※

【0.2mol/L 硝酸銀水溶液+エチレンジアミン溶液】

メスシリンダーで蒸留水 100mL をはかりとり、200mL ビーカーに移し、硝酸銀を 3.4 g 加え、よくかき混ぜて溶かす。そこに、エチレンジアミン溶液 4mL を 5mL 駒込ピペットではかりとり加え、よくかき混ぜる。

【1.5%グルコース水溶液】

電子天秤を用い、200mL ビーカーに蒸留水 98.5 g をはかりとる。そこに、グルコース 1.5 g を加え、よくかき混ぜて溶かす。

【1.0mol/L 水酸化ナトリウム水溶液】

メスシリンダーで蒸留水 100mL をはかりとり、200mL ビーカーに移し、水酸化ナトリウムを 4 g 加え、よくかき混ぜて溶かす。

○ピペットに試薬と同じ色のビニールテープを貼る。

(2) 実験当日

○材料や器具の分配を行う。

◎観察，実験

観察，実験の流れ

□導入（5分）

- *導入のポイント及び例を参照
- *目的を理解させる

□観察，実験（15分）

- *手順を指導する
 - ・溶液を混ぜ合わせてペットボトルをまわし，銀めっきを施す
- *安全面を指導する（留意点の安全面を参照）
- *この実験では，代表者が行うことになるので，他の生徒はよく観察するように注意する
- *机間指導を行いながら，生徒への実験のアドバイスや注意を促す

□考察 まとめ（5分）

□後片付け（5分）

手順

時間のめど（およそ 10 分）

※500mL ペットボトルの場合

- ① ペットボトルの水を捨て，0.2mol/L 硝酸銀水溶液＋エチレンジアミン溶液 5mL と 1.5%グルコース水溶液を 5mL ずつ取り，ふたを閉めてよく振り混ぜる。

ポイント！このときよく混ぜないと，反応が起こらないことがあるので，よく振り混ぜること。

- ② ①に 1.0mol/L 水酸化ナトリウム水溶液を加えてふたをして振り混ぜ，ペットボトルを横にして，ペットボトルの内壁に溶液がいきわたるように，くるくる回す。このとき，ふた側や底にもいきわたるように気を付ける。室温によって，反応の早さが異なる。



少しすると液が茶色に変わる



回しているうちに内壁に色がつき始める



銀めっきができる

- ③ 全体にめっきできたら，ペットボトルの中の溶液を廃液回収容器に捨て，ペットボトル内を水道水で軽くすすぐ。

ポイント！このとき，長時間廃液をペットボトル内に入れておくと，再び銀が溶液に溶けだし，液が触れていたところのめっきが取れるので，すぐに捨てる。

考 察

次の点などについて、考察させ、プリントに記入もしくは発表させる。

- ① この実験から分かる金属の性質は何か。
- ② 金属に①の性質があるのはなぜか。
- ③ ①以外の金属の性質には何があるか。

まとめ

「金属の性質は自由電子によるものであり、その一つが金属光沢であることが理解できた」などの視点から、まとめを行う。

後片付け

水酸化ナトリウム水溶液の駒込ピペットは軽く水洗いし、それ以外はすべてそのまま回収するよう指示する。

失敗例

- 状態 1 銀が析出しなかった（溶液が黄色を帯びた灰色になり、黒色にはならなかった）。
原因 硝酸銀水溶液＋チレンジアミン溶液にグルコース水溶液を加えたときに、よく振り混ぜなかった。
よく振り混ぜてから、水酸化ナトリウム水溶液を加える。
- 状態 2 ペットボトルの内壁にきれいに銀が付着しなかった（黒色のぽつぽつが見える。よく見ると銀が付着していない部分が点々と見られるなど）。
原因 ペットボトルの内壁が親水化されていなかった。
ペットボトルの内容物がなくなったら、直ちに水道水ですすぎ、使用するまで水を満たしておく。

別 法

- 別法① 熱伝導性を調べる。
ビーカーに熱湯を入れ、ほぼ同じ太さ同じ長さの金属棒、ガラス棒、割りばし、プラスチックの棒などを入れ、暖まり方の違いを調べる。
- 別法② 展性・延性を調べる。
金床に鉛やスズを置き、ハンマーで叩いて、展性を調べる。
銅線の端を万力ではさみ固定し、もう一方の端をペンチではさみ、ゆっくり引っ張り、延性を調べる。
- 別法③ 電気伝導性を調べる。
いろいろな固体の電気伝導性を調べ、固体で電気を通すのは金属のみ（例外 炭素）であることを確認する。

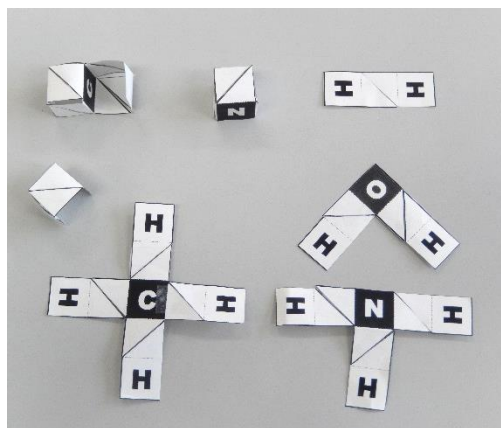
難易度	教材の入手日数	準備時間	実施時間
★☆☆	1 日	1 時間	40 分

目的と内容

分子モデルを作成し、共有結合による分子の形成について理解を深める

「共有結合を電子配置と関連付けて理解させることや、共有結合でできた物質の性質を理解させること」がこの単元の主なねらいである。また、分子からなる物質については、分子式や構造式を扱う。また、その性質について、融点、沸点、溶解性などを扱い、構成原子の電気陰性度と関連付けて分子の極性について学習する。

ここでは、分子モデルを作成し、共有結合による分子の形成について理解を深める。



既習事項

小学校：5年生の「物の溶け方」

中学校：1年生の「物質のすがた」「水溶液」

2年生の「物質の成り立ち」

中学校2年生では「物質の成り立ち」の「原子・分子」において酸素、水素、窒素、水、二酸化炭素、アンモニアの分子のモデルから化学式を作ること学んでいる。そのため、水分子の折れ線型、二酸化炭素の直線型、アンモニアの三角錐型は目にしている。水分子、二酸化炭素分子に関しては、その後の化学反応のところでも分子のモデルが取り扱われているが、目に見えない原子・分子を想像しながら思考することが苦手な生徒が多い。

留意点

【指導面】

○共有結合は、希ガスに比べて価電子の少ない非金属元素の原子が、互いに不足する電子を相手と共有することで希ガスと同じ安定な電子配置を取ろうとして形成される。「共有」というと、互いに譲り合い電子を出し合っているように聞こえるが、実際にはお互いに電子を引っ張り合っているため、結合力は大きい。最外殻電子のうち対になっている電子を電子対、対になっていない電子を不対電子といい、電子は対になると安定になる。したがって、不対電子は原子間で共有されることで電子対（共有電子対）を形成し安定になる。つまり、不対電子の数が共有結合の数となり、これを原子価という。原子価は「手」と考え、共有結合は「手をつなぐ」と例えることが多い。しかし、ノート上でこの手をつなぐ作業は、イメージしにくいという、手をつなぐことはできても、構造式に直せない生徒も多い。そこで、分子モデルを作成することで、原子価や共有結合の生成をイメージできるようにする。

○分子モデル用紙は印刷し生徒一人一人に配付できるため、分子模型の数が揃っていない学校でもすぐに活用できる。また、およそその分子の形も確認できるので、極性を考える際にも活用できたり、化学変化の場面では、分子を分解し、新しい結合を生成することで化学変化を表すことができたりと、様々な場面で活用できる。ただし、この分子モデル用紙で作成する分子モデルはあくまでもモデルであり、実際の分子の形とは異なる。

○今回の実験について

様々な分子を作ることによって、「手をつなぐ」、つまり不対電子同士を結び付け共有電子対にすることが共有結合であることを理解させる。さらに、水素 H_2 、水 H_2O 、アンモニア NH_3 、メタン CH_4 を作ることによって、分子の形を理解させる。また、酸素 O_2 、窒素 N_2 、二酸化炭素 CO_2 と作ることによって二重結合や三重結合についても理解させる。

【安全面】

なし

【後処理】

なし

導 入

【ポイント】

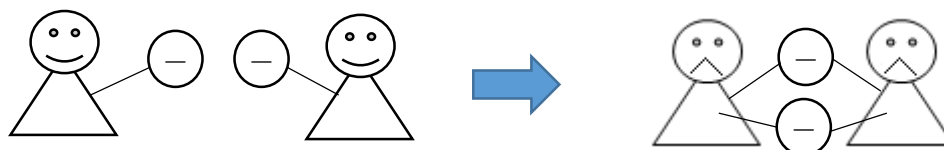
- 共有結合と分子の形成の関係に興味・関心を高める。
- 分子の組み合わせはどうやって決まるのか疑問を喚起する。

【導入例】

- 共有結合を，生徒を原子に見立ててモデル化する。

生徒自身が構成粒子になり，電子のモデルを用いて演じることにより，共有結合が電子を手で引き合う結合であることを印象づける。

厚紙を丸く切り真ん中に「-」と書いて作った電子（教科書でもよい）生徒がお互いの電子を引っ張り合う。



- メタンは CH_4 だが CH_5 という物質はないか発問する。実験でそれ確かめるようにする。もしくは，原子の電子配置は決まっており，原子価も原子により決まっている。炭素の原子価は4，水素の原子価は1より CH_5 はないことを，モデルを用いながら説明する。

◎準備

準備の流れ

1ヶ月前～

(発注, 調製, 代替の検討時間含む)

- ☐ 材料の準備
- ☐ 実験室の備品の確認

～前日

- ☐ 分子モデル用紙を用意する

当日

- ☐ 器具・教材の分配

必要な材料・器具・薬品

準備で必要なもの

プリント用紙, 分子モデル用紙書式

当日必要なもの

〔器具〕 分子モデル用紙, はさみ, セロハンテープ,

☆教材の入手方法

はさみ, セロハンテープは数が足りない場合は生徒に持参させてもよい

当日のセット

☆生徒用

〔器具〕

- | | |
|----------------------------------|-------|
| ☐ 分子モデル用紙 | 人数分 |
| ☐ はさみ | 人数分 |
| ☐ セロハンテープ | 1～人数分 |

- ☐ セロハンテープで三角部分をつなぎ合わせるため, のりでは代用できない。



★教員用

- ☐ 生徒用と同じもの

(1) 前日まで

- 材料や器具の確認・調達を行う。
- 分子モデル用紙を人数分用意する。
- 下記よりダウンロード可能

http://www.edu-ctr.pref.okayama.jp/gakkoushien/kou_kagaku/index.htm

(2) 実験当日

- 材料や器具の分配を行う。

◎観察，実験

観察，実験の流れ

□導入（5分）

- ＊導入のポイント及び例を参照
- ＊目的を理解させる

□観察，実験（25分）

- ＊手順を指導する
 - ・分子モデル用紙を線に沿って切る
 - ・三角部分について説明する
 - ・分子を組み立てる
- ＊机間指導を行いながら，生徒への実験のアドバイスや注意を促す

□考察，まとめ（15分）

□後片付け（5分）

手順

時間のめど（およそ 20 分）

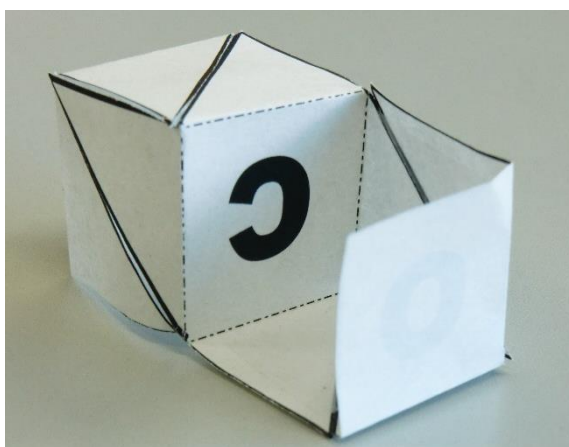
① 分子モデル用紙を線に沿って切る。

ポイント！切る線を間違わないように注意が必要である。万一切ってしまった場合はセロハンテープで貼り付ける。

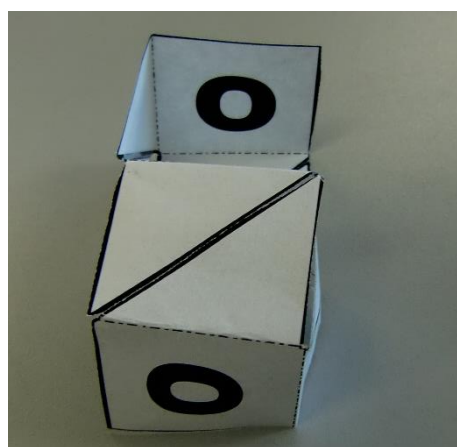
② 三角部分が不対電子，つまり原子の「手」であるから，手をつなぎ合わせて共有結合を作ることの説明する。手をつなぎ合わせる場合は必ず違う原子とつなぎ合わせる（自身の手をつなぐことはない）を確認する。

③ 水素 H_2 ，水 H_2O ，アンモニア NH_3 ，メタン CH_4 ，酸素 O_2 ，窒素 N_2 ，二酸化炭素 CO_2 の分子モデルを作る。

ポイント！生徒の実態に応じて，一人ですべて作成させるか，グループですべて作成させるか，一部グループで作成させるかのいずれかで行う。



二酸化炭素の分子モデル 1



二酸化炭素の分子モデル 2（左図上から）

考 察

次の点などについて，考察させ，プリントに記入もしくは発表させる。

- ① 単結合，二重結合，三重結合に分類する。
- ② 直線型の分子はどれか。
- ③ 極性分子，無極性分子に分類する。

まとめ

以下の視点を参考に，まとめを行う。

- ① 分子モデルを作成することができた。
- ② 分子モデルから共有結合と分子の形成の関係について理解できた。

後片付け

生徒に次のように指示する。

- 紙ごみはゴミ箱へ捨てる。
- はさみとセロハンテープは回収する。

失敗例

●状態 分子モデルが組み立てられない。

原因 生徒が組み立て方を理解できていない。

三角同士を組み合わせることを，自身の三角同士は組み合わせできないことを，一つ例を挙げて作成して見せる。難しい生徒が多い場合はグループで行い，机間指導を行うことで補う。

別法

別法① 分子模型を使用する。

溶解性から液体の種類を調べる ～分子の極性～

難易度

教材の入手日数

準備時間

実施時間

★★☆

1 ヶ月

1 時間

50 分

目的と内容

分子の構造と電気陰性度から分子の極性を判断し、
極性の有無による溶解性の違いを理解する

「共有結合を電子配置と関連付けて理解させることや、共有結合でできた物質の性質を理解させること」がこの単元の主なねらいである。また、分子からなる物質については、分子式や構造式を扱う。また、その性質について、融点、沸点、溶解性などを扱い、構成原子の電気陰性度と関連付けて分子の極性について学習する。

ここでは、分子モデルと電気陰性度から分子の極性を考え出し、極性分子と極性分子、無極性分子と無極性分子、極性分子と無極性分子を混ぜ合わせるにより、極性と溶解性について理解する。

3つの透明な液体がそれぞれ水、エタノール、ヘキサン of のいずれであるか、それぞれへの溶解性とヨウ素の溶解性から考える実験である。極性が同じ物質は溶けやすく、極性が異なる物質は溶けにくいことを確認し、エタノールの構造と水、ヘキサン、ヨウ素の溶解からその理解を深める。



既習事項

小学校：5年生の「物の溶け方」

中学校：1年生の「物質のすがた」「水溶液」

2年生の「物質の成り立ち」

中学校1年生では「物質のすがた」の「気体の発生と性質」で酸素、二酸化炭素、窒素、水素、アンモニアの発生方法と、その性質の一つとして水に溶けやすいか溶けにくいを学んでいる。水への溶解と関連して下方置換、上方置換、水上置換を学んでいる。酸素と二酸化炭素に関しては実験を取り扱っている。アンモニアの噴水実験が教科書には掲載されている。また、「水溶液」の「物質の溶解」では、コーヒーシュガー、デンプンを水に入れて溶かす実験を取り扱っている。中学校2年生では「物質の成り立ち」の「原子・分子」において酸素、水素、窒素、水、二酸化炭素、アンモニアの分子のモデルから化学式を作ること学んでいる。そのため、水分子の折れ線型、二酸化炭素の直線型、アンモニアの三角錐型は目にしている。水分子、二酸化炭素分子に関しては、その後の化学反応のところでも分子のモデルが取り扱われている。

留意点

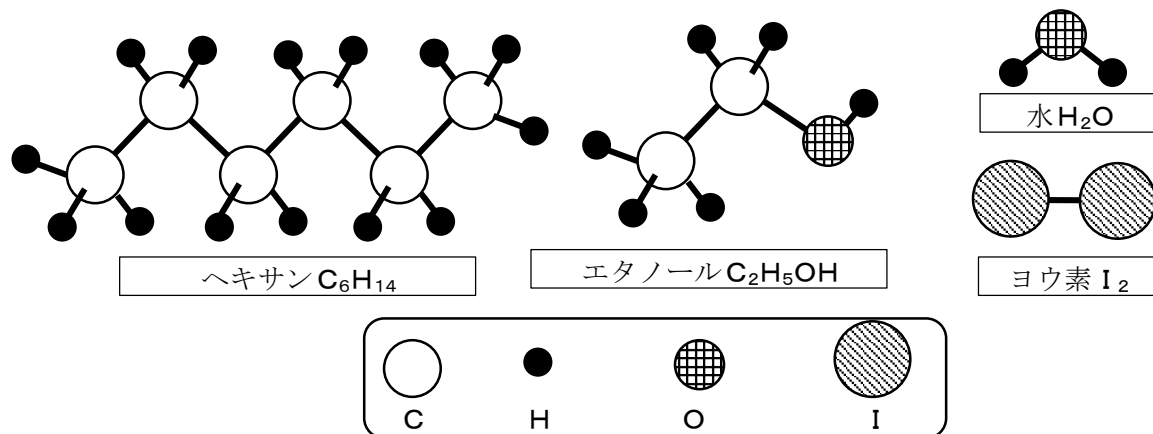
【指導面】

- この実験では、「分子の極性の有無」と「極性の有無と溶解性」の2点について、生徒が予想を立て、実験の結果から理解を深められるように指導する。
- 原子が共有電子対を引きつける強さを数値で表したものを電気陰性度という。主な原子の電気陰性度は F (最大) $> O > Cl > N > C > H$ である。二原子分子の場合、この電気陰性度から結合の極性の有無が判断でき、それが分子の極性と一致するが、多原子分子の場合、分子の極性は分子の形が関係する。多原子分子の無極性分子の例としては、直線形の二酸化炭素 CO_2 、正四面体形のメタン CH_4 、四塩化炭素 CCl_4 、極性分子の例としては、折れ線形の水 H_2O 、硫化水素 H_2S 、三角錐形のアンモニア NH_3 などがある。ベンゼン C_6H_6 やヘキサン $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$ は無極性分子である。極性の有無を暗記するのではなく、分子の形と電気陰性度から考えられるように指導する。
- 極性と大きく関係するのが溶解性である。基本的には極性分子は極性分子に、無極性分子は無極性分子に溶解しやすい。一方で、エタノール C_2H_5OH や 1-プロパノール $CH_3CH_2CH_2OH$ のように極性分子でも、極性分子はもちろん無極性分子にも溶ける物質もある。これは、親油性のアルキル基（無極性）と、親水性のヒドロキシ基（極性）の両方を持つためである。ただし、同じような構造を持つメタノール CH_3OH は水（極性分子）には溶けやすく有機溶媒（無極性分子）には溶けにくいのに対し、1-ブタノール $CH_3CH_2CH_2CH_2OH$ は水（極性分子）に溶けにくく有機溶媒（無極性分子）には溶けやすい。これらには極性の大小が関係している。 CH_3- 、 $-CH_2-$ は無極性の構造と考えてよく、この構造を多く含む分子ほど極性が低くなり、無極性分子に溶け、極性分子には溶けにくくなる。この内容について触れることでさらに生徒の理解を深めることもできる。
- 今回は、エタノールのみ扱い、その構造から極性と溶解性の関係の理解を深める。

○今回の実験について。

水：極性分子，エタノール：極性分子，ヘキサン：無極性分子，ヨウ素：無極性分子である。

極性，無極性のみで溶解を考えると水とエタノールが混じり合い、ヨウ素はヘキサンのみに溶けることになる。しかし、エタノールは親油性の炭化水素基と親水性のヒドロキシ基の両方を持つため、無極性であるヘキサンやヨウ素とも、極性分子の水とも溶ける。よって、2つの溶媒と混じった液体がエタノール、混じらず二層になった液体が水とヘキサンとなる。そのうち、ヨウ素が溶けなかった方が水で、溶けた方がエタノールである。極性分子は極性分子に溶けやすく、無極性分子は無極性分子に溶けやすい。エタノールは例外ではなく、エタノールは極性分子の構造と、無極性分子の構造の両方を持つことから、どちらとも混じるという結論に導きたい。



【安全面】

- 保護メガネを着用させる。
- 手袋はした方がよいが、手についたらすぐに洗うよう注意し、手袋なしで行ってもよい。特に、ヨウ素は素手で触らないように注意する。ヨウ素を机に落とした場合は拾わず、申し出るように指示する。
- ベンゼンは特異臭、揮発性があり、発がん性がある。多量に吸入するとめまいや吐き気を生じる場合がある。換気を十分に行うこと。また、引火性の強い薬品なので、実験中は火気を使用しない。

【後処理】

- 水とエタノールを混ぜた溶液以外は、すべて有機廃液として回収する。
- マイクロチューブを洗うのが大変な場合は、ビニールテープを貼ってあるので、内容物を捨てるだけにして、最後のクラスが終わったらすべて洗う。

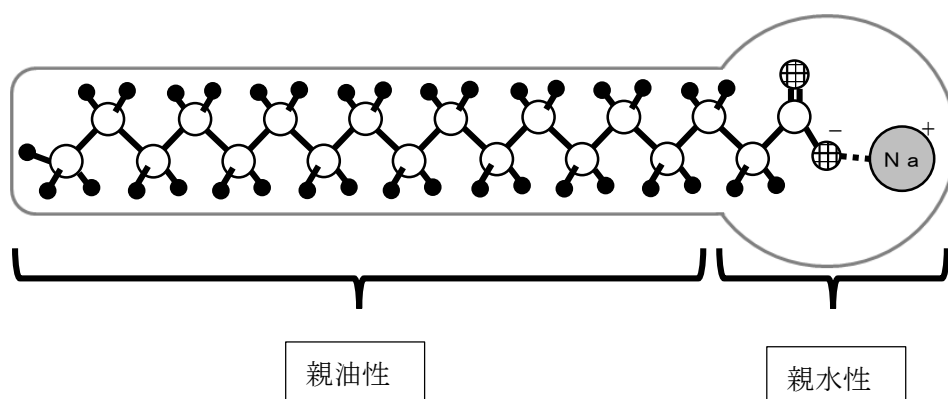
導 入

【ポイント】

- 分子の極性と溶解との関係に興味・関心を高める。
- 液体と液体の溶ける $\rightleftharpoons$ 混じり合う、溶けない $\rightleftharpoons$ 分離するという現象を確認し、なぜその現象が起きるのか疑問を喚起させる。

【導入例】

- 色のついた液体を利用し、「溶ける $\rightleftharpoons$ 混じる」「溶けない $\rightleftharpoons$ 混じらない」について演示で見せ、身近な物で水と油の関係について気付かせる。なぜ、水と油は混じり合わないのかを確認する（→水：極性分子、油：無極性分子）。今日の実験の極性と溶解性について簡単に説明する。
エタノールとヘキサンが混じる現象を考える際のヒントを与えたい場合は、水と油を混ぜるためにはどうしたらよいか発問（→界面活性剤を加える）し、界面活性剤には親油性（無極性）の部分と、親水性（イオン）の部分があり、ミセルを形成し水と油が混じり合うことを説明してもよい（「化学と人間生活」の「化学と人間生活とのかかわり」の単元で、セッケンなどの洗剤について学習済みである）。



- (1) 色つきの極性分子の液体（水）と無極性分子の液体（ベンゼン等）のを2つずつ準備しておく。
 - ① 黄色と青色の水を作る。水性ペンで水に着色する。（ビーカーの底に水性ペンで色を塗り，すぐに水を注ぐと色水ができる。もしくは，水にペン先を浸す。）
 - ② 赤色と青色の無極性分子の液体を作る。油性ペン（ただし，染料インクのものを使用する。顔料は油にも溶けない）で無極性分子の液体（以下ヘキサン）に(1)と同様に着色する。ただし，底に塗った場合は(1)より液体に色が溶けにくいので，ガラス棒で混ぜて溶かす。
- (2) 黄色と青色を混ぜると何色になるか発問→黄色と青色の水を混ぜる→緑色になる。
- (3) 赤色と青色を混ぜると何色になるか発問→赤色と青色のヘキサンを混ぜる→紫色になる。
- (4) (2)と(3)を混ぜると何色になるか発問→緑色の水と紫色のベンゼンを混ぜる→二層になる
- (5) 液体に仕掛けがあることを話し，身近な現象で同じような現象を考えさせる→水と油
- (6) 水と油はどうして混じり合わないか発問する。（水は極性分子で，油は無極性分子なので混じり合わない）
- (7) 今回使用したベンゼンについて構造を示し，無極性であること， CH_3- ， $-\text{CH}_2-$ 構造は無極性と考えてよいことを説明する。
- (8) (7)を混ぜ合わせる方法を発問する。セッケンを垂らす→白濁の茶色になる。セッケンの構造について簡単に説明する。

青色の水	青色のベンゼン	左	青色の水+黄色の水	緑水+紫ベンゼン	
黄色の水	赤色のベンゼン	右	青ベンゼン+赤ベンゼン		

○アンモニアの噴水を演示実験で行い，極性と溶解性の関係について気付かせる。

○水道の蛇口から水を出し，そこに塩化ビニル管を近づけると水の流れが曲がる現象を演示実験で行い，極性について興味・関心を高める。

◎準備

準備の流れ

1ヶ月前～

(発注, 調製, 代替の検討時間含む)

- ☐ 材料の準備
- ☐ 実験室の備品確認

～前日

- ☐ 材料の確認
- ☐ マイクロチューブにラベルを貼る
- ☐ 器具・教材の分配

当日

- ☐ 器具・教材の分配

必要な材料・器具・薬品

準備で必要なもの

マイクロチューブ, ビニールテープ, はさみ

当日必要なもの

[器具] マイクロチューブ, マイクロプレート, ヨウ素を入れるケース, プラスチック製マドラー, 点眼容器, 油性ペン, 手袋, 保護めがね

マイクロチューブの必要本数 1班6本×()班=()本

[薬品] 蒸留水, エタノール, ヘキサン, ヨウ素

各試料液の必要量 1班 1mL×2=2mL 2mL×()班=()mL

水の特異性

私たちにとって, 一番身近な液体として水 H_2O が挙げられる。人の体の約 60% は水であり, 生命にとって最も重要な物質と言える。実はこの水は, 他の多くの液体には見られない多くの特異性をもつ。

例えば, ほとんどの物質は固体の方が液体よりも密度が大きく, その密度は温度上昇とともに減少するが, 水は氷の方が水よりも密度が小さく, 水の密度は 4°C のときに最大を示す。他にも, 同族元素の水素化合物に比べて高い融点や沸点を示す, 多くの物質やイオンの優れた溶媒となる, 表面張力が大きい, 毛細管現象を起こす, 比熱が大きいなどの特徴がある。

これらの特徴には水分子の構造が関係している。水分子は, 構成元素である酸素と水素の電気陰性度の差が大きく, 折れ線形の構造であるため, 強い極性分子である。また, 電気的に+の水素原子と, 電気的に-である別の水分子の酸素原子との間に静電気的な結合である, 水素結合が生じる。この水素結合は, 一般にファンデルワールス力や, 極性分子間の静電気的な引力よりも強い。水の特異性の多くは, この水素結合が起因する。

この実験でも行った, 水とエタノールの混合では, 混合する前の2つの体積を足した体積より, 混合液の体積は減少する。これは, $\text{O}-\text{H}$ の構造をもつエタノール分子と水分子との間に, 新たな水素結合を生じ, 液体中で水分子が形成するすきまの多い構造が崩れ, より密な構造になるためである。

液体の代表のように思える水であるが, 科学的にはちょっとかわった液体なのである。

☆教材の入手方法

- ①マイクロチューブ（2mL）ふたつき
インターネットでも購入可能 250本で11,000円程度
- ②マイクロプレート（24穴）
理科消耗品カタログなどで購入可能 1枚で800円程度
- ③マドラー
100円ショップやスーパーマーケットで購入可能
- ④プラスチックカップ
※なくてもよいが、実験の試料配付に便利
インターネットでも購入可能 本体 50個で450円程度
ふた 50個で300円程度
100円ショップなどでも購入可能 ふたつき7個で108円
- ⑤エタノール（99.5%）
理科消耗品カタログなどで購入可能 500mLで3,500円程度
- ⑥n-ヘキサン
理科消耗品カタログなどで購入可能 500mLで1,500円程度
- ⑦ベンゼン（ベンゾール）
理科消耗品カタログなどで購入可能 500mLで1,500円程度
- ⑧ヨウ素
理科消耗品カタログなどで購入可能 25gで2,400円程度



①



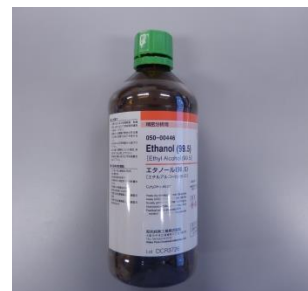
②



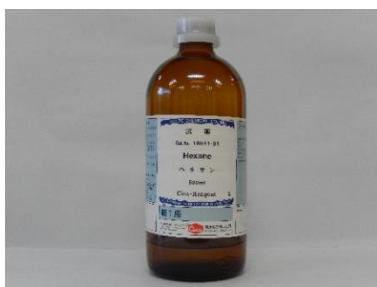
③



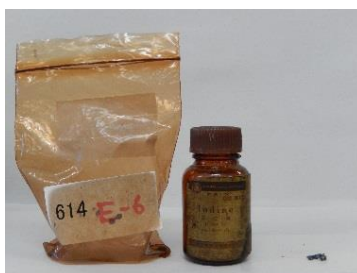
④



⑤



⑥



⑧ヨウ素（容器）



⑧ヨウ素

当日のセット

☆生徒用

[器具]

☐ マイクロチューブ	6 本
☐ マイクロプレート	1 枚
☐ マドラー	1 本
☐ 点眼瓶 (各試料)	3 本
☐ 手袋	1 ～人数分
☐ 保護めがね	人数分

[薬品]

☐ 蒸留水	点眼瓶 1 本
☐ エタノール	点眼瓶 1 本
☐ ヘキサン	点眼瓶 1 本
☐ ヨウ素	耳かき 1 杯程度

□ヘキサンやヨウ素は簡単には処理できないため、マイクロスケールで行い廃液を少なくする。マイクロチューブ等がない場合は試験管で行う。その際、試験管は配布する試料を入れるものも必要になるため、各班 9 本必要になる。試験管を使用する場合はマイクロプレートではなく試験管立てを使用する。

□ヨウ素を量り取る時はステンレス製の薬さじではなく、プラスチックの薬さじまたはプラスチックのスプーン等を使うこと。マクロスケールで行うのでマドラーでもよい。ステンレスの薬さじはすぐに腐食してしまう。また、ヨウ素は昇華してしまうので、できるだけ直前にふたつきのケースに取り分けて配付する。

□分類できればよいので、いろいろな代用品がある。エタノールはプロパノールでもよい。ベンゼンは、ヘキサンやシクロヘキサンでもよい。ヨウ素はナフタレンでもよいが、ナフタレンは色につかない。また、極性溶媒に溶ける物として、イオンからなる物質を使用してもよい。過マンガン酸カリウムは有色なので分かりやすい。

★教員用

□生徒用と同じもの



(1) 前日まで

- 材料や器具の確認・調達を行う。
- マイクロチューブにビニールテープを貼る。

水、ヘキサン、エタノールをそれぞれ色分けし、混ぜ合わせる色のビニールテープを貼ったものと、ヨウ素用に 1 本ずつ用意する。



(2) 実験当日

材料や器具の分配を行う。ヘキサンは揮発性があり、点眼瓶に長時間入れると揮発してしまう。また、ヘキサンはポリエチレンを腐食することもあるので、長期間保存には使用しない。当日もしくは前日に準備する。

◎観察，実験

観察，実験の流れ

□導入（5分）

- *導入のポイント及び例を参照
- *目的を理解させる

□観察，実験（25分）

- *手順を指導する
 - ・水，ヘキサン，エタノール，ヨウ素の極性を，発問しながら確認する
 - ・溶解性について個人→グループで予想させる
 - ・溶解性を調べる実験の手順を指導する
 - ・液体同士の溶解性を調べる
 - ・ヨウ素の溶解性を調べる
- *安全面を指導する（留意点の安全面を参照）
- *操作は必ず全員で行うように指導する
- *机間指導を行いながら，生徒への実験のアドバイスや注意を促す

□結果のまとめ

□考察，授業のまとめ（15分）

個人

□後片付け（5分）

手順

時間のめど（およそ 20 分）

(1) ヘキサン，エタノール，ヨウ素の極性を，発問し確認する。

水 H_2O ，エタノール $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ，ヘキサン C_6H_{14} ，ヨウ素 I_2 の分子モデルを示し，極性の有無を確認する。生徒の実態に応じて分子の形の対称性で判断させたり，電気陰性度（C，H，O，I を板書もしくは教科書によって確認）と分子モデルから判断させたりする。後者は時間がかかるので実験時間も考慮する必要がある。プリントに記入させる。

(2) 溶解性の予想をする。

極性の分子の有無を基に，それぞれの溶解性についてグループごとに予想させ，プリントに記入させる。

		H_2O	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	C_6H_{14}	I_2
極性の有無					
溶解性 予想	H_2O				
	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$				
	C_6H_6				
	I_2				

(3) 実験の内容の確認を行う。

- ① 3つの無色透明の液体は，水 H_2O ，エタノール $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ，ヘキサン C_6H_{14} のいずれかの液体である。それぞれがどれに当たるか，溶解性から考え出す。

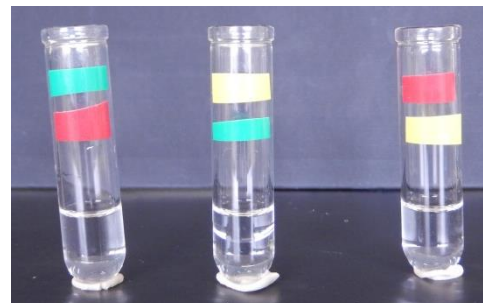
- ② (5)の手順を説明する。このとき、無色透明の液体同士の混合なので、混じり合ったかどうかよく見て確認するよう注意する。
- ③ 留意点の安全面について注意する。
- ④ 操作は必ず全員で行うように指導する。

(4) 2種類の液体の溶解性を調べる。

緑、黄、赤を組み合わせ（緑と黄、黄と赤、赤と緑）混ぜ、混じり合うかどうか確認する。ラベルと同じ色のラベルの点眼瓶の液を 10 滴ずつ垂らし、混じり合うか層になるか観察する。

注意！一人が一つの試験管を持ち、それに別の人が液体を加えるということは絶対に行わない。手にかかる危険性が高くなる。

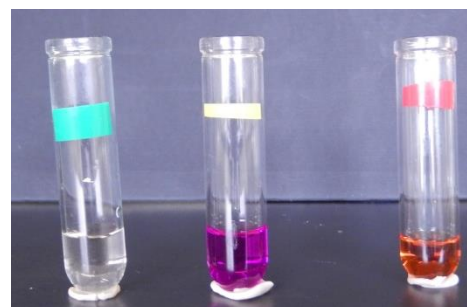
注意！ヘキサンは揮発性が有り、多量に吸い込むと気分が悪くなるなど有毒なので、注意する。また、手袋、保護めがねをかける。手についたらすぐによく手を洗わせる。



水とヘキサンのみ層になる

(5) ヨウ素の溶解性を調べる。

3つの液体をそれぞれマイクロチューブに 10 滴ずつとり、ヨウ素を、マドラーを用いて極少量とって加え、溶けるかどうか調べる。溶けた場合は色も記入する。



左から水、ヘキサン、エタノール

	緑	赤	黄	I ₂
緑				
赤				
黄				
I ₂				

結果のまとめ

それぞれの結果を確認する。

考 察

3つの液体がそれぞれ何か、根拠（なぜ溶けたか、なぜ溶けなかったか）などについて考察させ、プリントに記入もしくは発表させる。

授業のまとめ

以下の視点を参考に、まとめを行う。

- ① 分子モデル（と電気陰性度）から分子の極性の有無を判断できた。
- ② 極性の有無から溶解性を判断できた。
- ③ エタノールが極性分子とも無極性分子とも溶ける現象を理解できた。

後片付け

生徒に次のように指示する。

- 水とアルコールの混合液（「緑と赤テープの試験管」のように指示する）は流しに、それ以外の液は廃液容器に回収する。
- その他はそのまま回収し、全クラスが終了したら洗う。

失敗例

●状態1 水とヘキサンを合わせたら、少し白濁した。

原因 エタノールが少し混じっていた（使用した試験管の洗浄が不十分だった）。

水とベンゼンにエタノールも混じると、その量によって少し混じり合い濁ったようになる。試験管は乾いたものか、よく洗って使用する。

●状態2 水にヨウ素が溶けて少し茶色い水溶液になった。

原因 エタノールやヨウ化カリウムが少し混じっていた。

ヨウ素は水に難溶だが、少しは溶けて薄い黄色い溶液に（使用した試験管の洗浄が不十分だった）なる。明らかに茶色になった場合は、エタノールまたはヨウ化カリウムの混入が原因と考えられる。試験管はよく洗浄したものを使用する。

別 法

別法① 試料を別のものを使用する。「当日のセット」参照。

別法② 見分けさせるのではなく、試料を明示し、それぞれが溶けるかどうかを予測させる。

別法③ 極性分子の気体と水（アンモニアと水、塩化水素と水）、無極性分子の気体と液体（メタンとヘキサン）で噴水を作る。

電気伝導性から結晶の種類を調べる ～化学結合と物質の性質～

化学と人間生活との
かわり

物質の探究

物質の構成粒子

物質と化学結合

物質と化学反応式

化学反応

巻末資料

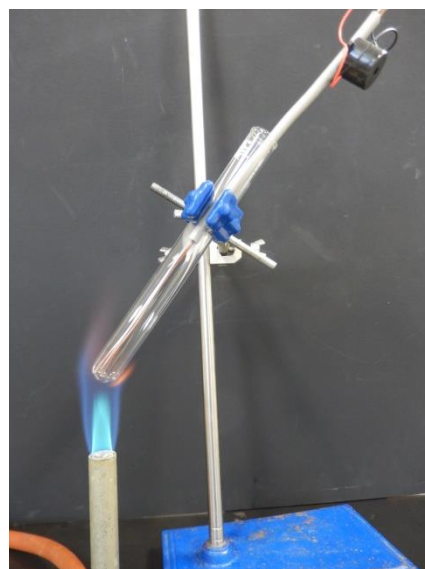
難易度	教材の入手日数	準備時間	実施時間
★★☆	1 ヶ月	4 時間	50 分

目的と内容

電気伝導性を，電子を用いて化学結合との
関わりから考えることで，化学結合の理解を深める

「イオンの生成を電子配置と関連づけて理解すること。また，イオン結合及びイオン結合でできた物質の性質を理解すること」「金属結合及び金属の性質を理解すること」「共有結合を電子配置と関連づけて理解すること。また，分子からなる物質の性質を理解すること」がこの単元の主なねらいである。また，物質の構成に関する探究活動を行い，前述の学習内容の理解を深めるとともに，化学的に探究する能力を高めることがねらいである。イオン結合，金属結合，共有結合，とそれらの結合でできた物質の性質の違いを比較し，物質の性質と化学結合との関係について探究する。

ここでは，化学結合の違いにより，結晶の融点や硬さ，電気伝導性（固体，液体，水溶液）などの性質が異なる。ここでは，イオン結晶（塩化ナトリウム），金属結晶（スズ），分子結晶（スクロース），共有結合の結晶（二酸化ケイ素）の電気伝導性の違いを調べることで，それぞれの結合を理解する。



既習事項

- 小学校：3年生の「電気の通り道」「磁石の性質」
4年生の「金属，水，空気と温度」
5年生の「物の溶け方」
中学校：1年生の「物質のすがた」「状態変化」「水溶液の性質」
2年生の「物質の成り立ち」「化学変化」
3年生の「水溶液とイオン」「酸とアルカリとイオン」

中学校1年生では白い粉（白スクロース，デンプン，塩化ナトリウム，グラニュー糖）を区別する実験を行っている。また，金属の性質を，電気を通すかどうかで調べる観察，実験を行っている。中学校3年生では，塩化ナトリウム水，スクロース水，薄い塩酸など様々な水溶液の電気伝導性を調べる実験を取り扱っている。塩化銅の電気分解を行い，銅イオンは陰極に引かれて銅原子になり，塩化物イオンは陽極に引かれて塩素原子にさらに，2個結びついて塩素分子になると学んでいる。

留意点

【指導面】

○物質の性質は、その構成粒子の種類と結合に深く関係している。結合の強さは「共有結合≫イオン結合・金属結合>分子間力」で、結合の強さが強いほど融点が高い。また、動くことができる電荷を持った粒子（イオンや自由電子）が存在すると電気を通す。このように、物質の性質について、結合から考えられるようにする。

○結合を考える上で重要なのは電子である。よって、この実験では電子の存在を感じることでできる電気伝導性について調べ、結合についてイメージできるように指導する。性質の単なる暗記にならないように注意する。

○電気を通すかどうか（ブザーが鳴るかどうか）予測しながら行うように指導する。

○既習事項より、塩化ナトリウム水溶液中では、ナトリウムイオンと塩化物イオンに電離していることはイメージできるが、固体において Na^+ と Cl^- が1：1で規則正しく並んでいるイメージの定着はできていない生徒が多い。したがって、融解液の状態も正しくイメージできる生徒は少ないと考えられる。また、水溶液と融解液を混同している生徒がいることにも留意する。

○今回の実験について。

塩化ナトリウム NaCl （食塩）はイオン結晶、スクロース $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ （砂糖）は分子結晶、二酸化ケイ素 SiO_2 （石英砂）は共有結晶、スズ Sn は金属結晶である。

ここで、石英砂（共有結合の結晶）とスクロース（分子結晶）はすべての状態において電気を通さないため、電気伝導性のみでは判断できない。よって、石英砂は手順の説明も兼ねて教員が行い、共有結合の結晶であることを確定させ、残る3つについて生徒に操作および考察をさせる。

固体で電気を通るのは、スズ、つまり、金属結晶のみ。

→ 塩化ナトリウム、スクロース、（石英砂）に水を加える。

水に溶けるのは塩化ナトリウムとスクロースであり、水溶液が電気を通すのは、塩化ナトリウム、つまり、イオン結晶のみ。→ スクロース、（石英砂）を融解する。

融解できるのはスクロース、スクロースは融解液でも電気を通さない。よって、スクロースは分子結晶である。

石英はガスバーナーの強熱（1800℃）で加熱した程度では融解しない。今回の実験内容ではないが、融点が高いことから石英が共有結合の結晶であると判断できる。

	イオン結晶	分子結晶	共有結合の結晶	金属結晶
構成粒子	陽イオンと陰イオン	分子	原子	原子 (自由電子を含む)
結 合	イオン結合	分子間力 (分子間に働く弱い力)	共有結合	金属結合
融 点	高い	低いものが多い 昇華するものがある	非常に高い	高いものが多いが、 低いものもある
電気伝導性	固体：なし 液体・水溶液：あり	なし	なし (例外：黒鉛)	あり
物理的性質	硬くてもろい	軟らかく、砕けやすい	非常に硬い (例外：黒鉛)	展性・延性に富む
物質の例	塩化ナトリウム NaCl 硝酸カリウム KNO_3 塩化カルシウム CaCl_2	二酸化炭素 CO_2 水 H_2O ヨウ素 I_2	ダイヤモンド C ケイ素 Si 二酸化ケイ素 SiO_2	銅 Cu 鉄 Fe アルミニウム Al

【安全面】

- 保護めがねを着用させる。また、加熱している試験管を扱う場合は、軍手を着用させる。
 - 火を扱うので机上进行を整理させる。
 - 加熱する際は、やけどに十分に注意させる。万一、やけどした場合は、直ちに流水で冷やし、すぐに申し出るように指導する。
 - 加熱中は試験管の中をのぞき込まないよう指示する。
 - 加熱後すぐに冷やすと試験管が割れるので、水に入れないよう指導する。
- ＜参考＞ 融点 スクロース：186℃ 塩化ナトリウム：801℃ スズ：231.9℃ 石英：1650℃

【後処理】

- スクロースを加熱した試験管は、融解したスクロースがこびりついているため、熱湯を入れた水槽を用意し、そこに回収する。
- 石英砂、スズは回収し再利用する。

導 入

【ポイント】

- 化学結合と物質の性質との関係に興味・関心を高める。
- 化学結合、状態変化、電気の流れを粒子や電子を用いてイメージできる。

＜導入例＞

- それぞれの結合を、生徒を粒子に見立ててモデル化する。

生徒自身が構成粒子になり、それぞれの結合について電子のモデルを用いて演じることにより、イメージできるようにする。また、三態についても同様に行う。そこに、「この状態の物質に電気を流すとどうなるか？」という発問をする。これから行う実験をイメージし、構成粒子と電子に注目して考えることを印象付ける。

方法：男子→金属元素（電子をあげたい），女子→非金属元素（電子をもらいたい）

厚紙を丸く切り真ん中に「－」と書いて作った電子（教科書でもよい）

・イオン結合

男子が女子に電子を渡す。男子は＋になり、女子は－になり引きつけ合う。

・共有結合

女子がお互いの電子を引っ張り合う。

・金属結合

男子が電子を適当にぐるぐる回す。

・固体（男女関係なし）

生徒が腕組んでつながる。

・液体（男女関係なし）

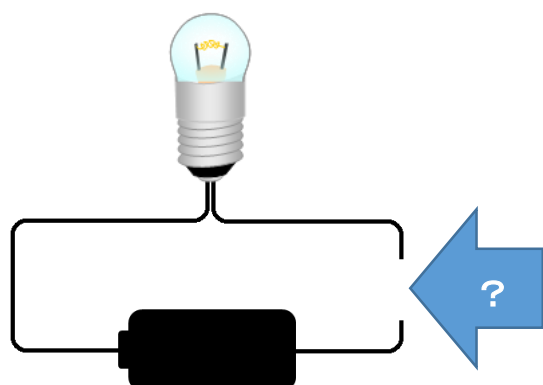
生徒が何人かずつ手をつないでいる。そのグループが何個もある。

・気体

生徒一人一人が自由に走り回る。

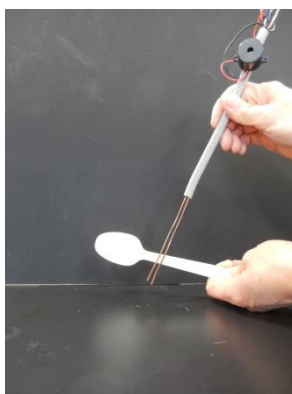
○今までの経験に視点を加えることでイメージ化する

下の回路で、電球を点灯させるには「？」を何でつなげばよいか発問する。もしくは、実験で使用するテスターを用いて、既習のもので電気を通すか通さないか発問しながら確認する。金属や塩化銅水溶液が電気を通す理由を考え、電流が電子の流れであることを確認することで、電荷をもつ粒子（自由電子やイオン）の存在が重要であることを理解し、そこから、電気伝導性にはその物質の結合の仕方が関係していることを印象付ける。



？につなぐと 電球が点くもの	？につないでも 電球が点かないもの
導線でつなぐ クリップ 鉄のスプーン 塩化銅水溶液 (塩化ナトリウム水)	ガラス棒 割りばし プラスチックのスプーン 純水 (スクロース水)

小学校3年生の実験および中学校3年生の実験



プラスチックのスプーンの
電気伝導性



塩化銅水溶液の
電気伝導性

◎準備

準備の流れ

1ヶ月前～

(発注, 調製, 代替の検討時間含む)

- ☐ 材料の準備
- ☐ 実験室の備品確認

～前日

- ☐ 材料の確認
- ☐ テスター (導電電極) を作る
- ☐ 器具・教材の分配

当日

- ☐ 器具・教材の分配

必要な材料・器具・薬品

準備で必要なもの

VVF ケーブル (できれば EM-EEF ケーブルの方が加熱しても有害ガスが発生しない), 電子ブザー, コイン電池 (3V), アルミテープ, ハンダ, ビニールテープ, カラーシール (なくてもよい), 金台, 金槌, はさみ, ニッパー

必要な量 (各クラスの最大班分作る)

ケーブル $30\text{ cm} \times (\quad) \text{ 班} = (\quad) \text{ cm}$

電子ブザー, コイン電池 $1 \text{ 個} \times (\quad) \text{ 班} = (\quad) \text{ 個}$

当日必要なもの

[器具] 準備で作成したテスター (導電電極), 試験管, 試験管立て, ガスバーナー, スタンド, マッチ, 軍手, 保護めがね, 乾いた布 (キッチンペーパー等)

[薬品] 塩化ナトリウム, スクロース (砂糖), スズ, 石英砂, 蒸留水

必要な量 塩化ナトリウム, スクロース 約 $0.8\text{ g} \times 2 \times (\quad) \text{ 班} = (\quad) \text{ g}$

スズ, 石英砂は1クラス分 (薬さじ小2×1クラスの班数) あれば再利用できる。

☆教材の入手方法

① VVF ケーブル 1.6mm×2 芯

ホームセンターにて購入可能 5m で 650 円程度

② 電子ブザー

理科消耗品カタログなどで購入可能 1 個で 600 円程度

インターネット通信販売では 1 個で 250 円程度

③ コイン電池 (3V)

100 円ショップ等で購入可能 2 個で 108 円

④ アルミテープ

100 円ショップ等で購入可能 50mm×10m で 108 円

⑤ 塩化ナトリウム, スクロース

スーパーマーケットで購入可能

⑥ 石英砂

理科消耗品カタログなどで購入可能 500g で 2,200 円程度

⑦ スズ (粒状)

理科消耗品カタログなどで購入可能 500g で 13,500 円程度



①



②



③



④



⑥ ⑦

当日のセット

☆生徒用

[器具]

□テスター（導電電極）	1 個
□試験管（試料）	7 本
□試験管立て	1 個
□ガスバーナー	1 個
□スタンド	1 個
□マッチ	1 個
□洗淨瓶（蒸留水）	1 本
□軍手	1 組
□保護めがね	人数分
□乾いた布	1, 2 枚

[薬品]

□塩化ナトリウム	薬さじ小 2 × 2 本
□スクロース（砂糖）	薬さじ小 2 × 2 本
□スズ	薬さじ小 2 × 2 本
□石英砂	薬さじ小 2 × 1 本
□蒸留水	洗淨瓶 1 本

★教員用

- 生徒用同じセットに、もう 1 本石英砂入り試験管を加えたもの



□テスターは前日までに作る。材料はホームセンターで揃えられる上、作り方は簡単である。一度作ると、何度も使える。電極がさびた際は、やすりをかけるとよい。テスターを作らず、電源装置と電球、電極でもよい。

□塩化ナトリウム、石英砂を加熱する試験管は、高熱で変形したり割れたりするため、その後使用できなくなる場合もある。廃棄してもよいものを使用する。

□乾いた布は、キッチンタオルやキムワイプなど紙でもよい。

□塩化ナトリウムは吸湿性（湿気を吸う）があるため、開封して時間がたったものをそのまま使用すると、固体でも電気が通ってしまう場合がある。実験前日に乾煎りしておくともよい（蒸発皿などにとり、ガスバーナーで加熱。パチパチ音がし始めたら OK）。

他の資料については重さをはかりとる必要はないが、教員の演示実験用の塩化ナトリウムは 0.6 g 程度になるようはかりとる。これ以上だと融解に時間がかかり、これ以下だと電極の先が塩化ナトリウムに浸らない。

□石英砂は、教員が演示で行い、生徒は操作しないが、見たことがない生徒が多いので、どういうものか確認のため 1 本配る。

□薬品は代用可。

塩化ナトリウム→硝酸カリウム、塩化銅(Ⅱ)など
スクロース→デンプン、ナフタレン（昇華する）
スズ→鉛（融解しやすいのはこの二つ）今回の実験では融解しないので、銅や鉄でもよい

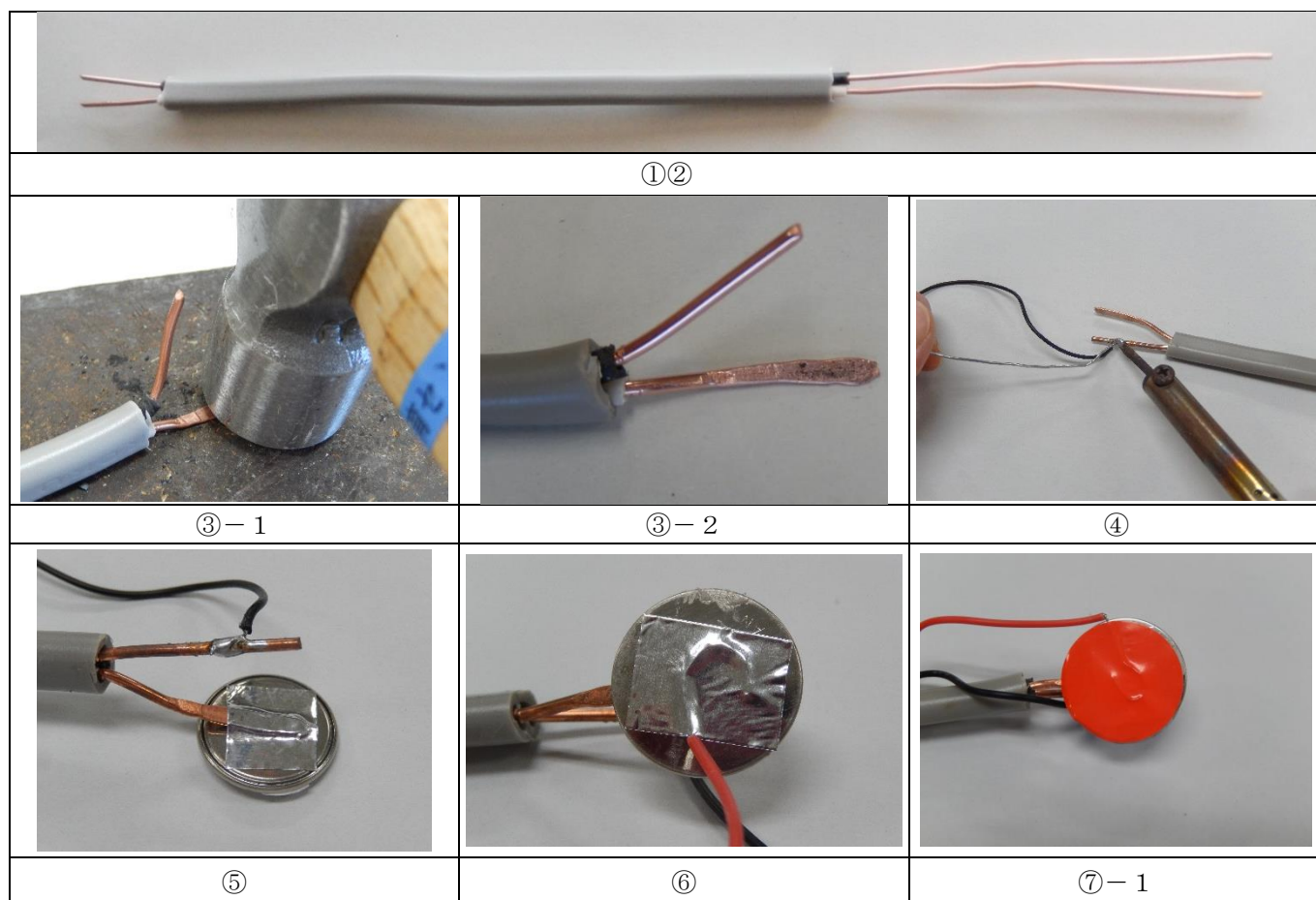
石英砂→ガラスビーズ

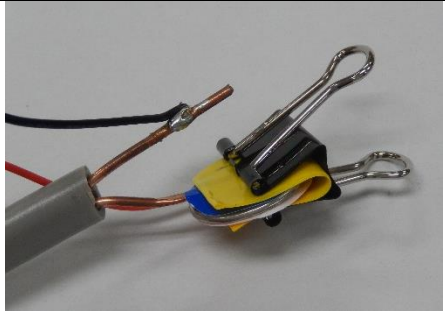
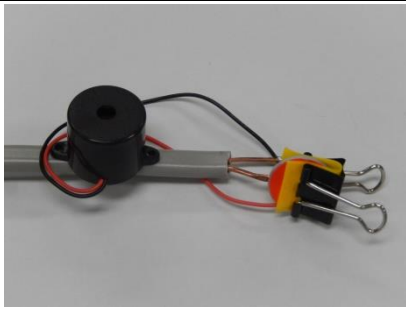
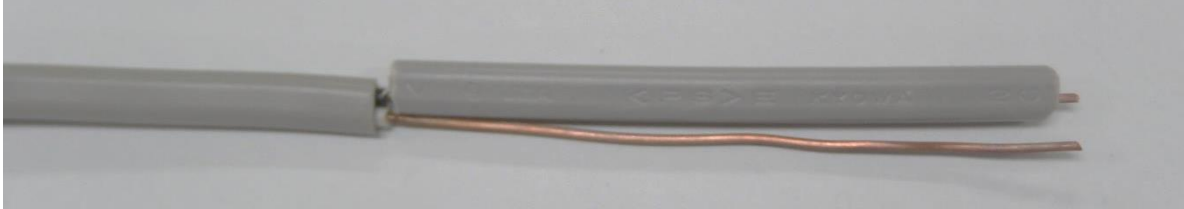
(1) 前日まで

○材料や器具の確認・調達を行う。

○テスター（導電電極）を班の数分＋教員用を作成する。作り方は簡単であるが、必要数が多い場合は作成に時間がかかるので、早めに作成しておくといよい。

- ① V V F ケーブルを約 30cm に切る。金切りバサミがあると楽だが、ニッパーでも十分切れる。ニッパーで切る場合は、外側のビニル被覆が厚いので、はさみで切り込みを入れてからニッパーを使用した方が切断しやすい。
- ② 片側は約 10cm, もう片側は約 2cm のところにビニル被覆にはさみで切り込みを入れ、外側および内側のビニル被覆を取り外し、導線を露出させる（導線は太い銅線一本なので、切り込みを入れる際導線を切ってしまう心配はない）。取り外したビニル被膜はカバーとして使用する。
- ③ 2 cm 導線を露出した側の、1 本を金台と金槌を使い、潰す。
- ④ ブザーの黒色コードを潰していない方の導線に巻き付ける。ハンダ付けをした方がよい。
- ⑤ ③の潰した導線を、コイン電池の一極にアルミテープで貼り付ける。
- ⑥ コイン電池の＋極に、ブザーの赤色コードをアルミテープで貼り付ける。接地面が大きくなるようにコードの先をまげて貼り付ける。
- ⑦ 電流の流れを分かりやすくするためのシールを貼り（なくてもよい）、補強のためダブルクリップで挟む。ダブルクリップがないと V V F ケーブルの導線が固いため、電池との接着が不十分となり少し動かすと電気が流れなくなってしまう。ダブルクリップで挟む際は漏電を防ぐため、ビニールテープを 7 cm 程度に切ったものを、粘着面を内側にして半分に折り、電池を挟んだ上からダブルクリップで挟む。
- ⑧ 電子ブザーの裏面に両面テープを貼り、導線部分に貼り付ける。



		
⑦- 2	⑧- 1	⑧- 2
		
カバー		
		
完 成		

○固体の塩化ナトリウムに電気が通るかどうか確かめ、通る場合は乾煎りしておく。（蒸発皿などにとり、ガスバーナーで加熱。パチパチ音がし始めたらOK）。

(2) 実験当日

材料や器具の分配を行う。薬品は生徒にはかりとらせてもよいが、あらかじめ試験管にとってから配ると、時間短縮ができる。

◎観察，実験

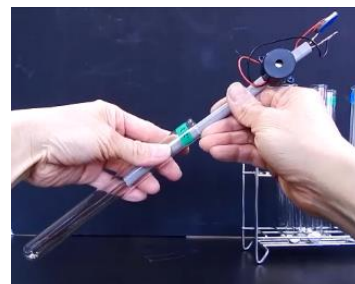
観察，実験の流れ

- 導入（5分）
 - *導入のポイント及び例を参照
 - *目的を理解させる
- 観察，実験（25分）
 - *ブザーが鳴れば電子が通っていることを確認する
 - *石英砂を用いて手順を説明する
 - *手順①②を指導する
 - ・固体の電気伝導性を調べる
 - ・固体で電気の通らなかった物に水を加え，水溶液の電気伝導性を調べる
 - *手順③を指導する
 - ・①②で電気の通らなかった物を加熱し，融解液の電気伝導性を調べる
 - *塩化ナトリウムの融解液の電気伝導性を調べる演示実験を行う
 - *安全面を指導する（留意点の安全面を参照）
 - *操作は必ず全員で分担して行うよう指導する
 - *机間指導を行いながら，生徒への実験のアドバイスや注意を促す
- 結果のまとめ，考察（10分）
 - *グループごとに発表する
- 授業のまとめ（5分）
- 後片付け（5分）

手順 時間のめど（およそ 20 分）

① 固体の電気伝導性を調べる。

試験管に入っている各固体について，テスターを入れて電気伝導性を調べる。電極は試料ごとに，乾いた布でよく拭いてから使用する。



①

② 水溶液の電気伝導性を調べる。

①で電気が通らなかった試料（塩化ナトリウム，スクロース）について調べる。試験管に蒸留水を試験管の約6割程度まで加える。水に溶けた試料はテスターを用いて電気伝導性を調べる。電極は試料ごとにさっと洗い，乾いた布でよく拭いてから使用する。



②

③ 液体（融解液）の電気伝導性を調べる。

①でも②でも電気が通らなかった試料（スクロース）について調べる。試験管をスタンドに斜めになるように固定し、ガスバーナーの弱火で加熱し、融解したらテスターを入れて電気伝導性を調べる。融点それぞれ違うので、考えて操作するように説明する。スクロースは融点が高く、融解し始めたらすぐに火を外し、テスターを入れる。融点の違いにも気づかせたい。

注意！ やけどに十分に注意する。

注意！ 試験管の口から覗き込んだり、口に近づいたりしない。

注意！ 加熱した試験管をすぐに水に入れると割れてしまうこともあるので、しばらくそのまま置く。

ポイント！ スクロースはすぐに焦げるので、ごく弱火で加熱し、炎が固体試料にまんべんなく当たるように必要に応じて、ガスバーナーを動かす。



③

④ 演示で、塩化ナトリウム融解液の電気伝導性を調べる。

試験管をスタンドに斜めになるように固定し、ガスバーナーで加熱し、電気伝導性を調べる。強火で加熱し、融解したらテスターを差し込む。電極が塩化ナトリウムに浸るようにし、静かに手を放し、しばらく静置する。電極を入れた瞬間は融解した塩化ナトリウムが凝固しすぐにブザーが鳴らない。テスターをいれてしばらくするとブザーが鳴る。火を消すと凝固が始まりブザー音が消える。最初からテスターを入れた状態で加熱してもよいが、その場合銅が塩化ナトリウムにより腐食し、少し塩化ナトリウム中に溶け出す現象がみられる。

塩化ナトリウムの量は0.6 g程度（薬さじ小2）がよい。これ以上だと融解に時間がかかり、これ以下だと電極の先が塩化ナトリウムに浸からない。

塩化ナトリウムの加熱では高熱が必要であるが、炎を大きくすればよいというわけではない。外炎の真ん中が試験管にあたるように調節する。



④－1

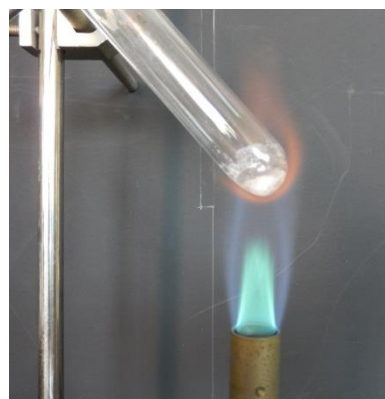


外炎（1500～1800℃）

ここが試験管の底に当たるようにする

内炎（約 500℃）

炎を大きくしすぎると内炎が試験管の底に当たり、加熱が進まない



④－2

注意！ かなり熱くなるのでやけどに十分に注意する。

注意！ 試験管の口から覗き込んだり、口に近づいたりしない。

注意！ 加熱した試験管をすぐに水に入れると割れてしまうので、しばらくそのまま置く。

⑤ 下のような表にまとめる。

	塩化ナトリウム	スクロース	スズ	石英砂
固体				
液体（融解液）				
水溶液				
結合の種類				

結果のまとめ

各試料の電気伝導性を確認する。

考 察

「電気伝導性から試料がそれぞれ何結合か。」などについて考察させ、プリントに記入もしくは発表させる。

授業のまとめ

以下の視点を参考に、まとめを行う。

- ① 電気伝導性から資料それぞれが何結合か考察できた。
- ② イオン結合，金属結合，共有結合について理解した。
- ③ 電気が流れる仕組みを，化学結合と関連付けてイメージできた。

後片付け

生徒に次のように指示する。

- スクロースの融解を行った試験管は，熱湯を入れた水槽に回収する。塩化ナトリウム水の試験管は洗って試験管立てに置かせる。残った塩化ナトリウム，スズ，石英砂の試験管はそのまま回収する。
- テスターは電極をよく洗って乾いた布や紙で拭かせる。

失敗例

●状態1 固体の塩化ナトリウムに電気が流れた。

原因 塩化ナトリウムには吸湿性がある。吸収した水分によって電離し，電気が流れた。

実験前に塩化ナトリウムを乾煎りする（蒸発皿に塩化ナトリウムを取り，火にかけ，パチパチいったら火を止める）。

●状態2 塩化ナトリウムが融解しない。

原因1 塩化ナトリウムの量が多すぎる。

薬さじ小で2杯とごく少量にする。

原因2 ガスバーナーの火の調節が悪い。

手順(3)④参照

●状態3 融解した塩化ナトリウム液に電流が流れない。

原因1 融解が不十分である。

ガスバーナーの火を調節し、十分に加熱する。

原因2 一度融解したが、テスターを入れたことで、温度が下がり凝固した。

テスターを入れてから加熱するか、入れた後しばらく加熱する。

原因3 テスターの電極が融解液に浸っていない。

やけどに気を付けながらテスターの位置を変える。テスターを持ったまま加熱すると、微妙に動くことが影響してなかなか融解しない。融解液に浸るように位置を変えたらそっと手を放し、動かないように注意する。

●状態4 スクロース水に電気が流れた。

原因1 テスターを洗わずに使用した。

試料ごとに洗ってから使用する。

原因2 試料に不純物が混ざっている。

薬さは薬品ごとに用意するか、洗ってから使用する。

原因3 水道水を使用したか、蒸留されていない水を使用した。

蒸留水を使用する。

原因4 テスターの電流が強すぎる。

テスターを工夫する際、トランジスタなどを使用すると、増幅率によってはごく小さい電流でも増幅されてブザーが鳴ってしまう。蒸留水でも点灯してしまう場合があるので、注意が必要である。

別 法

別法① 試料を別のものを使用する。

分子結晶として、ナフタレンを用いると、加熱した際に昇華する。分子結晶の特徴の一つである昇華を見られるため、良い試料と言える。

別法② 電気伝導性以外の性質も合わせて調べる。

試料の手触り、硬さ、光沢、においを観察したり、金槌でたたいて硬さや展性、延性を調べたりする。

別法③ 結晶の性質から物質そのものを見分けさせる。

試料をA、B、C・・・として配り、様々な性質から結合を推測し、結合からそれぞれの試料が何であるか見分ける。

難易度	教材の入手日数	準備時間	実施時間
★☆☆	1 日	1 時間	50 分

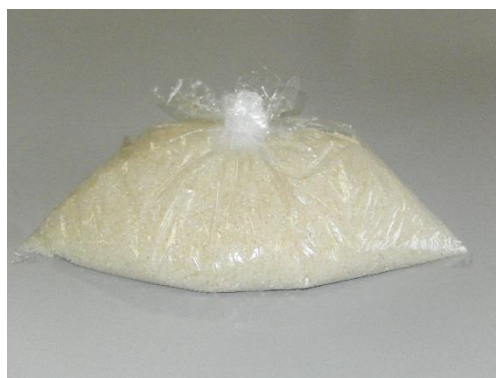
目的と内容

実際に粒子を数えることで、物質質量[mol]が数の単位であり、
便利な単位であることを実感する

「物質質量と粒子数，質量，気体の体積との関係について理解すること」がこの単元の主なねらいである。

また，「粒子の数に基づく量の表し方である物質質量の概念を導入し，物質質量と質量，気体の体積との関係について理解させること」がねらいである。

ここでは，米など小さな粒子を数えることで， 6.02×10^{23} 個という想像し難い数をイメージできるようにするとともに，物質質量が数の単位であり，小さい粒子である原子，分子を扱う上で非常に便利な単位であることを実感する。



既習事項

小学校：5年生の「物の溶け方」

中学校：1年生の「水溶液」

小学校では水に溶かす前と溶かした後の食塩の重さを調べる実験を行っている。

中学校では，コーヒーシュガーとデンプンの質量をはかった後，水に溶かし，再び質量をはかりろ過する実験を行っている。また，質量パーセント濃度についても学習しているが，苦手とする生徒が多い。

留意点

【指導面】

○物質量について

物質を扱うとき、体積や質量で表すことが多い。しかし、化学変化は、物質の構成粒子が切り離されたり、結合したりすることによっておこるため、粒子の個数で表した方が都合がよい。一方、物質の構成粒子は非常に小さく、1個ずつ数えることはできない。また、私たちが日常取り扱う量の物質を構成する粒子の数は莫大であり（一般に1 g～1 kgの物質中に含まれる原子や分子の数は、 $10^{22} \sim 10^{25}$ 個）、このまま取り扱うのは大変不便である。そこで、一定数の粒子の集団を単位として物質の量を扱う。その単位の集団の個数は炭素原子 ^{12}C の12g中に存在する原子の数 6.02×10^{23} が用いられる。この数値をアボガドロ数といい、この数の粒子の集団を1 モル (mol) という。モルを単位として示された量を物質量という。

このように、化学的に便利な単位であるが、想像し難い数字、指数であることから、生徒にとっては厄介な単位である。しかし、今後化学を学習していくうえで必要不可欠な単位であることから、便利な単位であることを実感させる。

○生徒にとって身近な小さな粒子として米を用いる。米も普段、粒で考えることはなく、ご飯を炊くときは「合」や「升」という単位を用いる。これらのことから、日常生活でも便利な単位を使用しており、物質量もそれと同じであると感じさせる。

○この実験について

莫大な数をはかりとるとき、1つずつ数えるのは困難である。そのとき、1粒の質量が分かれば、質量ではかりとることができる。ただし、このとき、「1粒の質量は全て同じである」という前提が必要である。原子はその種類によって質量は一定であり、このことから、質量によってはかりとることができる。

【安全面】

なし

【後処理】

なし

導 入

【ポイント】

- 物質量について興味・関心を高める。
- 粒子で考えることを印象付ける。

【導入例】

○1 mol の気体を発生させ、その中に 6.02×10^{23} 個の分子があることを想像させる。

70L の透明な袋を用意し、炭酸水素ナトリウムとクエン酸を入れ、袋からできるだけ空気を除き、そこに水を少量加え、袋の口を密閉させる。反応が終了すると室温でおよそ 24L (1 mol) の二酸化炭素が発生する。その中に 6.02×10^{23} の二酸化炭素分子があることを想像させる。

○「合」という単位がなく、「米、20,000 粒炊いて」と言われたら、どうなるかと発問する。

◎準備

準備の流れ

1ヶ月前～

(発注、調製、代替の検討時間含む)

- ☐ 材料の準備
- ☐ 実験室の備品確認

～前日

- ☐ 材料の確認

当日

- ☐ 器具・教材の分配

必要な材料・器具・薬品

準備で必要なもの

なし

当日必要なもの

〔器具〕 電子天秤，メスシリンダー，計量カップ

〔材料〕 米，大豆，小豆，ゴマ，ビーズ，輪ゴムなど

☆教材の入手方法

すべてスーパーマーケット等で購入できる。

また，生徒に持ってこさせてもよい。

当日のセット

☆生徒用

〔器具〕

- | | |
|----------------------------------|-------------|
| ☐ 電子天秤 | 1 台 |
| ☐ メスシリンダー | サイズの異なるもの数個 |
| ☐ 計量カップ | サイズの異なるもの数個 |
| ☐ ビニール袋 | |

〔薬品〕

- ☐ 米など

☐ 電子天秤は必須であるが，それ以外は体積や質量をはかれるものであればなんでもよい。各班に配ってもよいし，教卓上に何個かずつ置き，生徒が必要に応じて使用する形でもよい。

☐ 材料は粒の小さいもので，6,000 個以上確保できるものであれば他のものでもよい。班ごとに異なるものにしてもよい。

★教員用

- ☐ 生徒用と同じもの

(1) 前日まで

○材料や器具の確認・調達を行う。

(2) 実験当日

○材料や器具の分配を行う。

◎観察，実験

観察，実験の流れ

- 導入（10 分）
 - *導入を参照
 - *目的を理解させる
- 観察，実験（15 分）
 - *実験の手順の指導
 - ・適当な器具を選び，それぞれの粒子 6,000 個をはかりとる
 - *グループで協力して行うように指導する
 - *机間巡視を行いながら，生徒への実験のアドバイスや注意を促す
- 考察（10 分）
 - *グループごとに発表し，前提となっていることやアボガドロ数について考えさせる
- 授業のまとめ（10 分）
- 後片付け（5 分）

手順 時間のめど（およそ 10 分）

- ① グループごとに方法を考えて，コメや大豆などそれぞれ 6,000 粒を袋に取る。
 - 例 1 10 粒の質量をはかり，その 60 倍の質量をはかりとる。
 - 例 2 何粒かまとめて質量をはかり，1 粒の質量を計算で出す。それから 6,000 粒の質量を計算し，はかりとる。
 - 例 3 1 カップの粒子の数を数え，6,000 粒では何カップ必要か計算し，はかりとる。
- ② グループごとに 6,000 粒を見せ，どのようにして 6,000 粒にしたかを発表する。
- ③ 6,000 粒を数える以外の方法ではかりとった場合は，そこにある「前提」は何か考えさせる。
 - 例 1 質量ではかりとった場合は，「粒子 1 粒の質量が全て同じである」という前提がある。
 - 例 2 体積ではかりとった場合は，「粒子 1 粒の占める体積は全て同じである」という前提がある。
- ④ アボガドロ数 6.02×10^{23} は，はかりとったものの 10^{20} 倍であることから，莫大さを実感する。

考 察

「この実験から分かったことは何か」など考察させ，プリントに記入もしくは発表させる。

まとめ

以下の視点を参考に，まとめを行う。

- ① 物質量が数の単位であることが分かった。
- ② 物質量は便利な単位であることが分かった。

後片付け

すべてそのまま回収するよう指示する。

失敗例

●なし

別 法

別法① ステアリン酸によるアボガドロ定数の測定

親水基と疎水基の両方をもつステアリン酸はベンゼンに溶かして水に滴下すると、水面上に分子が隙間なく一層に並ぶ。これを利用して測定する。

ア ステアリン酸 0.030g をベンゼンに溶かして 100mL の溶液（A液）を作る。

イ シャーレに蒸留水を入れ、その水面を覆うように墨汁やチョークの粉を加え、静置する。

ウ A液を 1 mL のホールピペットに取り（安全ピペッターを用いる）、ビーカーに数を数えながら滴下する。1 mL の滴下数から、1 滴が何 mL か求める。

エ 再びA液をウと同様のホールピペットに取り、イのシャーレに 1 滴滴下する。しばらく置くとベンゼンのみ蒸発し、ステアリン酸の単分子膜となる。このとき、ステアリン酸が水面上の墨汁やチョークの粉を押しよけるため、シャーレの中央に透明の部分が表れる。

オ 水面上に方眼紙を置くか、透明フィルムをのせて、透明な部分の体積をはかる。

カ ステアリン酸 1 分子が占める面積を $2.2 \times 10^{-15} \text{cm}^2$ として、オから 1 滴に含まれるステアリン酸の分子の数を計算する。

キ 1 滴の体積とモル濃度から、1 滴に含まれるステアリン酸の物質量を求める。

ク カとキから 1 mol に含まれるステアリン酸分子が何個か計算する。

別法② 身近な単体を用いて粒子の数を計算し、アボガドロ数を実感する。

1 円玉（Al）、水（H₂O）、角砂糖（C₁₂H₂₂O₁₁）、鉄釘（Fe）など

例 1 円玉は 1 個約 1 g である。Al の分子量は 27 であるから、27 枚で 1 mol となり、1 円玉 27 枚中に 6.02×10^{23} 個の Al 原子があることになる。もしくは、1 円玉には $6.02/27 \times 10^{23}$ 個（約 2.23×10^{22} 個）の Al 原子が含まれている。

別法③ 金属結晶の単位格子を利用してアボガドロ数を求める。

100mL メスシリンダーに 50mL 程度水を取り、目盛りを正確に読む。ここに、1 円玉 27 枚、つまり 1 mol を加え、そのときの目盛りを正確に読み、体積を求める。アルミニウムの結晶格子は 1 辺が $4.04 \times 10^{-8} \text{cm}$ の立方体で原子が 4 個含まれる。このことから、アボガドロ数を求める。

難易度	教材の入手日数	準備時間	実施時間
★☆☆	1 ヶ月	1 時間	50 分

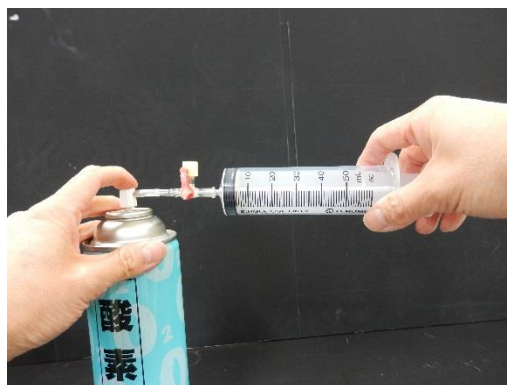
目的と内容

相対値から分子量を求めたり，密度から分子量を求めたりすることで，分子量や分子量とモル質量の関係について理解を深める

「物質と粒子数，質量，気体の体積との関係について理解すること」がこの単元の主なねらいである。

また，「粒子の数に基づく量の表し方である物質の概念を導入し，物質と質量，気体の体積との関係について理解させること」がねらいである。

ここでは，シリンジを用いて一定の体積の気体の質量をはかり，分子量既知の気体との比較や気体の物質と体積の関係から分子量を求めることで，物質の概念を，実感させる。



既習事項

小学校：4年生の「空気と水の性質」

5年生の「物の溶け方」

中学校：1年生の「水溶液」

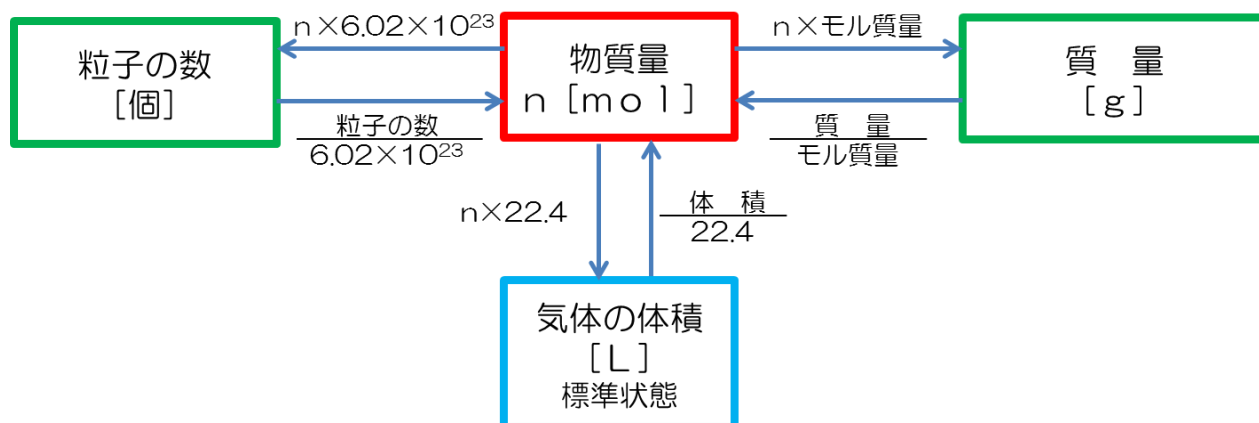
小学校では水に溶かす前と溶かした後の食塩の重さを調べる実験を行っている。また，空気にも質量があることを学んでいる

中学校では，コーヒースーガーとデンプンの質量をはかった後，水に溶かし，再び質量をはかり，ろ過する実験を行っている。また，質量パーセント濃度についても学習しているが，苦手とする生徒が多い。

留意点

【指導面】

○粒子 1 molあたりの質量をモル質量 [g/mol] といい、原子量、分子量、式量に単位 g/molをつけた値と同じである。また、物質量の等しい気体は、その種類によらず、同温・同圧下では、同じ体積を占める。よって、気体の分子量は、体積と質量を測定することで求めることができる。



○物質の量 [mol]，体積 [L]，質量 [g] の変換は、生徒にとって、化学の最初のつまずきとなることが多い。 6.02×10^{23} という想像しがたい数や、相対値や指数という数学的難しさが、生徒の理解の壁となっている。計算式として暗記してしまうと、物質の量などの理解が不十分なままになってしまうこともある。比で考えるようにすると、理解の深まりにつながる上、今後いろんな場面で活用できるので、比、つまり相対値の考え方を身に付けさせたい。「相対値」は原子量を決めている基本となる重要な考え方でもある。

○この実験について

空気を基準として、その相対値から酸素、二酸化炭素、ブタンの分子量を求める。

例えば、実験の結果、分子量 29 の空気の質量が 0.059 g で、二酸化炭素の質量が 0.091 g のとき、 $0.059 : 29 = 0.091 : \text{二酸化炭素の分子量}$ となり、二酸化炭素の分子量は 44 となる。空気の分子量が与えられることによって、それとの比から他の気体の分子量を求めることができる。

気体の密度 [g/L] から分子量を求める方法では、実験時の室温により気体 1 mol の体積を求めておくことや、気体の体積を正確にする必要がある。しかし、相対値で求める方法では、室温は関係せず、体積もすべての気体が同体積であればよいので、実験しやすい。計算も、簡単な比計算（かけ算とわり算）である。ただし、かなり小さい質量を扱うので、ちょっとした質量の違いでも結果にかなり大きく作用する。測定する際に注意が必要である。

【安全面】

なし

【後処理】

なし

導 入

【ポイント】

- 気体の分子量について興味・関心を高める。
- 気体の分子量をもとめるにはどのようにしたらよいか疑問を喚起する。

【導入例】

- 空のガスボンベの缶に空気を入れ、その前後の重さを比較し、空気にも重さがあることを確認する。
このとき、上皿天びんを用いると、重くなったことが確認しやすい。次に、粒子1粒つまり、原子・分子に質量があることを確認する。他の種類の気体で行ったらどうなるか発問する。

空のガスボンベに穴をあけ、自転車のバルブをハンダでつける。ハンダはつきにくいですが、多めにつけて固定する。

ここから、自転車の空気入れを用いて、空気をつめる。



◎準備

準備の流れ

1ヶ月前～

(発注、調製、代替の検討時間含む)

- ☐ 材料の準備
- ☐ 実験室の備品確認

～前日

- ☐ 材料の確認
- ☐ シリンジのピストンに穴を空ける
- ☐ 器具・教材の分配

当日

- ☐ 器具・教材の分配

必要な材料・器具・薬品

準備で必要なもの

シリンジ、三方活栓、鉄釘、ガスバーナー、軍手

当日必要なもの

[器具] 釘付シリンジ、三方活栓、電子天秤 (最小単位 0.001g)

[薬品] O_2 , CO_2 , C_4H_{10}

☆教材の入手方法

①プラスチック注射器 (50mL)

理科消耗品カタログなどで購入可能 1本で230円程度

インターネットでも購入可能 20本で3,300円程度

②三方活栓

医療用器具

インターネットでも購入可能 50個で6,500円程度

③鉄釘

ホームセンターなどで購入可能

④酸素・二酸化炭素等

理科消耗品カタログなどで購入可能

気体の種類により 1本5.8L600～1,000円程度

⑤ボタン (カセットコンロガスボンベ)

ホームセンター等などで購入可能 3本で500円程度



①



②

当日のセット

☆生徒用

[器具]

□三方コック	1 個
□プラスチック注射器 (50mL)	1 個
□釘	2 本
□電子天秤 (最小単位 0.001g)	1 台

[薬品]

□酸素	1 本
□二酸化炭素	1 本
□ブタン	1 本

□三方コックがない場合は、ゴム管とピンチコックで代用できる。ただし、真空にする際に少し漏れるため誤差が生じる場合がある。



★教員用

□生徒用と同じもの

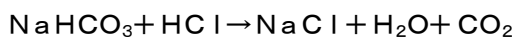


□気体は水素、ヘリウムなど、毒性のない気体であれば何でもよい。

□ガスボンベがない場合は、下記の反応により気体を発生させ、水上置換等で気体を収集し、ストローをつけた注射器で吸い取ってもよい。

・二酸化炭素の発生

炭酸水素ナトリウム+塩酸

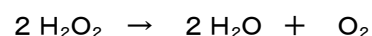


炭酸カルシウム+塩酸



・酸素の発生

過酸化水素に触媒として酸化マンガン (IV)



(1) 前日まで

○材料や器具の確認・調達を行う。

○シリンジのピストンに固定用の釘孔を開ける。

ピストンを引き、50mLにし、ピストンに印をつける。次に、ピストンを抜き、バーナーで釘を熱し、印のところに釘を刺し、孔を開ける



(2) 実験当日

○材料や器具の分配を行う。

◎観察，実験

観察，実験の流れ

□導入（10 分）

- *導入のポイント及び例を参照
- *目的を理解させる

□観察，実験（20 分）

- *手順を指導する
 - ・真空状態 50mL の質量を測定する
 - ・各気体 50mL の質量を測定する
- *操作は必ず全員で分担して行うように指導する
- *机間巡視を行いながら，生徒への実験のアドバイスや注意を促す

□結果のまとめ，考察（15 分）

- *測定した質量から，分子量を求める。

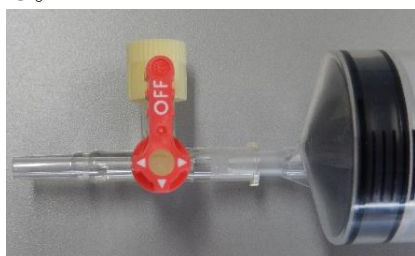
□後片付け（5 分）

手順

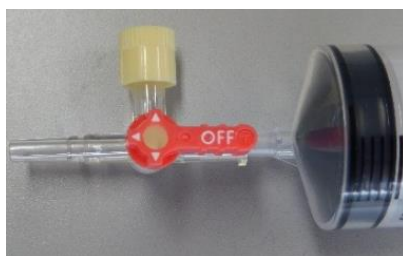
時間のめど（およそ 15 分）

① 真空状態 50mL の質量を測定する。

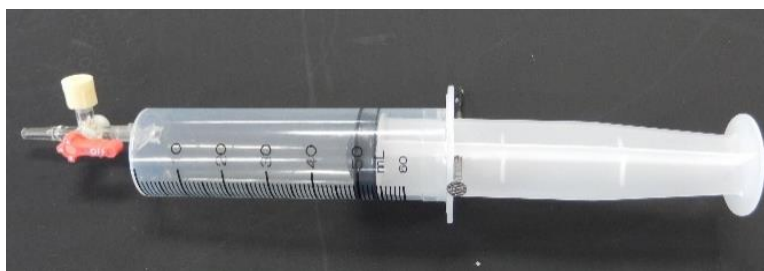
三方活栓のシリンジ側を開け（図①－１），シリンジ内の空気を全て押し出した後，三方活栓のシリンジ側を閉じ（図①－２），50mL を超えるまでピストンを引っ張り真空状態にし，ピストンの孔に釘を差し込んで固定する（図①－３）。この状態で注射器の質量を電子天秤で測定し（図①－４），記録する。



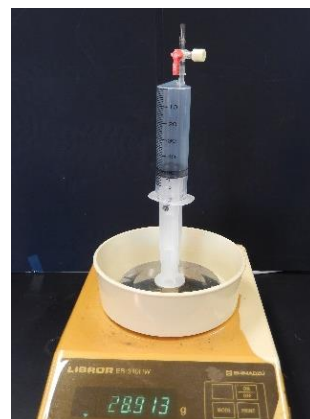
①－１



①－２



①－３



①－４

② 酸素 50mL を封入し質量を測定する。

三方活栓のシリンジ側を開け(図①－1), シリンジと逆側の栓に酸素ポンペをつなぐ。酸素を 50mL 以上入れ, ピストンの孔に釘を差し込み, ピストンが止まるまで押し, 三方活栓のシリンジ側を閉じる。この状態で注射器の質量を電子天秤で測定し, 記録する。



②

③ 二酸化炭素 50mL を封入し質量を測定する。

釘を外して三方活栓のシリンジ側を開き, シリンジ内の酸素をすべて押し出す。②と同様に二酸化炭素 50mL の質量を測定し, 記録する。

④ ブタン 50mL を封入し質量を測定する。

③と同様にして質量を測定し, 記録する。

	真空の注射器 の質量[g]⑥	気体を入れた 注射器[g]⑦	気体の質量[g] ⑦－⑥	求めた分子量	分子量 (理論値)
空気				29	29
酸素 O_2					
二酸化炭素 CO_2					
ブタン C_4H_{10}					

考 察

次の点などについて, 考察させ, プリントに記入もしくは発表させる。

- ① 空気との相対値から分子量を求める。
- ② 求めた分子量と理論値を比べて分かることは何か。
- ③ 実験結果と $1\text{ mol}=22.4\text{ L}$ を利用して, 分子量を求める。

まとめ

以下の視点を参考に, 授業のまとめを行う。

- ① 相対値から気体の分子量を求めることができた。
- ② 「相対値」について理解することができた。

後片付け

すべてそのまま回収するよう, 指示する。

失敗例

●状態 理論値と値が大きくずれた。

原因 質量を正確に測定できなかった

気体の質量であるため、かなり小さい値となる。少しの誤差も大きく響くので、電子天秤は風の影響を受けない状態にし、正確に測定できるものを使用する。

別 法

別法① ガスボンベの気体をメスシリンダーではかりとり、質量をはかる。

ガスボンベの気体を水上置換でメスシリンダーに捕集し、目盛りを正確に読み体積をはかる。捕集前と捕集後のボンベの質量の差から、捕集した気体の質量を求める。

気体の温度と体積から、気体の状態方程式を用いて標準状態の体積に換算し、 $1\text{mol}=22.4\text{L}$ より、分子量を求める。

気体の状態方程式

気体の状態方程式については「化学」で取り扱われている。気体の状態方程式は、圧力 P 、体積 V 、物質量 n 、気体定数 R 、絶対温度 T とすると、 $PV=nRT$ と表され、気体の種類に関係なく成り立つ。

今回の実験では、仮に、実験時の実験室の気温を 20°C とすると、 $1.013\times 10^5\text{ Pa}$ における 1mol の気体の体積は、 $1.013\times 10^5\text{ [Pa]}\times V=1.00\text{ [mol]}\times 8.31\times 10^3\text{ [Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})]\times (273+20)\text{ [K]}$
 $V=24.0\text{ [L]}$ となる。このことから、 $1\text{mol}=24.0\text{ [L]}$ として、分子量を求めることもできる。

また、気体定数 R はボイル・シャルルの法則から求めることができる。ボイル・シャルルの法則は、「一定質量の気体の体積 V は、圧力 P に反比例し、絶対温度 T に比例する」より、 $\frac{PV}{T}=k$

(k は一定) と表される。標準状態 (0°C , $1.013\times 10^5\text{ Pa}$) における 1mol の気体の体積は 22.4L であるから、 $k=\frac{1.013\times 10^5\text{ Pa}\times 22.4\text{ L/mol}}{273\text{ K}}=8.31\times 10^3\text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ となる。これが、気体定数 R である。

この気体の状態方程式は、理想気体において成立する。理想気体とは、分子自身の体積が 0 で、分子間力も働かない気体をいう。実在気体は、分子自身に体積があり、分子間力も働くが、高温、定圧では理想気体とみなしてよいとされている。常温・常圧はこの高温、定圧であるとしてよいので、気体の状態方程式を適用してよい。

炭酸水素ナトリウムと塩酸の反応 ～化学反応における量的関係～

化学と人間生活との
かかわり

物質の探究

物質の構成粒子

物質と化学結合

物質と化学反応式

化学反応

巻末資料

難易度	教材の入手日数	準備時間	実施時間
★☆☆	1 ヶ月	1 時間	50 分

目的と内容

化学反応式の係数の比が、化学反応における反応物の物質質量と生成物の物質質量の比を表していることを確かめる

「物質質量の概念を導入し、反応に関与する物質の量的関係について、観察、実験を行い、化学反応における物質の変化と量的関係を化学反応式で表すことができることを理解させること」がこの単元の主なねらいである。化学反応式を用いて化学反応における物質の変化とその量的関係について理解させる。

また、化学反応式の係数の比が化学反応における物質質量の比を表すことを扱う。さらに、反応に関与する物質の質量や体積の間に成り立つ関係を物質質量と関連付けて扱い、物質の変化量を化学反応式から求めることができるようにする。

ここでは、炭酸水素ナトリウムと塩酸の反応を用い、2つの反応物と、生成物の1つである二酸化炭素の量的関係を調べる。



既習事項

小学校：3年生の「物と重さ」

5年生の「物の溶け方」

中学校：1年生の「水溶液」

2年生の「化学変化」「化学変化と物質の質量」

中学校2年生で質量保存の法則を学習しているが、生徒にとって理解が難しい内容の一つである。化学反応式から分かることは、「反応する物質、反応してできる物質が何であるか」「化学反応式の前の数字から、反応する物質と、反応してできる物質の分子や原子の数の関係がどうなっているか」であることを学習している。化学反応式については、式を作ること、特に係数を付けることが苦手である生徒も多い。

実験では、金属を熱したときの質量の変化において銅粉末やマグネシウム粉末を加熱する実験を行っている。 $2\text{Cu} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{CuO}$ の反応において、質量比が銅4：酸素1：酸化銅5になることや $2\text{Mg} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{MgO}$ の反応において質量比が、マグネシウム：酸素：酸化マグネシウム＝3：2：5になることなどを学んでいる。

また、物質が化学変化する前と後の質量を比べる実験で、気体が発生する反応において、密閉していると質量が保存されることを学習している。この実験では、炭酸水素ナトリウムと塩酸の反応を行っており、化学反応式、 $\text{NaHCO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ は既習事項である。

留意点

【指導面】

○化学反応式 $a \text{ 反応物 1} + b \text{ 反応物 2} \rightarrow c \text{ 生成物 1} + d \text{ 生成物 2}$

において、反応物と生成物の物質量の比は、

反応物 1 : 反応物 2 : 生成物 1 : 生成物 2 = $a : b : c : d$ となる。

この考え方は生徒にとって難しくはないが、物質量、質量、体積、粒子の数の変換や、化学反応式を作ることに困難さを感じる生徒が多い。中学校でも化学反応式や質量の関係は学習しており苦手意識をもっている生徒も多いことに留意が必要である。生徒が化学を「難しい教科」と捉える要因の一つがこのような計算にある。実験を行い、理論値が実際の値となることから、化学の魅力や、有用性を感じさせる。

○この実験では、中学校で行った実験と同じ物質を用いることで、「中学校では質量で考えたことを、高校では物質量で考える」と生徒に意識させる。

炭酸水素ナトリウムと塩酸の反応を表す化学反応式は



$\text{NaHCO}_3 : \text{HCl} : \text{NaCl} : \text{H}_2\text{O} : \text{CO}_2 = 1 : 1 : 1 : 1 : 1$ である。

塩酸は 15mL ($3.0 \times 10^{-2} \text{ mol}$ の塩化水素) で一定とし、加える炭酸水素ナトリウムは 1.0 g ($1.2 \times 10^{-2} \text{ mol}$) , 2.0 g ($2.4 \times 10^{-2} \text{ mol}$) , 3.0 g ($3.6 \times 10^{-2} \text{ mol}$) , 4.0 g ($4.8 \times 10^{-2} \text{ mol}$) の 4 つである。

$\text{NaHCO}_3 : \text{CO}_2$ は 1 : 1 より、2.0 g のとき生じる二酸化炭素の質量は 1.0 g のときの倍であるが、3.0 g のときは 3 倍よりも少なく、4.0 g のときは 3.0 g のときと同じ質量となる。これは、塩酸中の塩化水素が不足するためであり、 $\text{HCl} : \text{CO}_2$ は 1 : 1 より、3.0 g, 4.0 g のとき、生じる CO_2 は塩化水素と同量の $3.0 \times 10^{-2} \text{ mol}$ となる。

結果をグラフに示すと、過不足なく反応する点が $3.0 \times 10^{-2} \text{ mol}$ であることをグラフからも読み取ることができる。

【安全面】

○保護メガネを着用させる。

【後処理】

○残った塩酸は保管し、再利用する。

導 入

【ポイント】

- 化学反応式の係数と物質質量との関係に興味・関心を高める。
- 反応物を過不足なく反応させるにはどうしたらよいか疑問を喚起させる。

【導入例】

- ブタン (C_4H_{10} カセットボンベ) と酸素の燃焼

シリンジに次の割合で混ぜた気体を燃焼したとき、どれが一番激しく燃焼するか考えさせる。

①ブタン：酸素＝13：2 ②ブタン：酸素＝7.5：7.5 ③ブタン：酸素＝2：13

蒸発皿にシャボン液（食器用洗剤を水でうすめたもの）を作っておく。シリンジを用い、①～③の割合でブタンと酸素を混合した気体をつくる（例① ブタン 13mL をシリンジに取り、続けて酸素 2mL を加え全体で 15mL になるようにする）。次に、混合気体の入ったシリンジの先をシャボン液にいれ、すこしずつ気体を押し出すと、混合気体のシャボン玉ができる。そこに、チャッカマンで火をつけると③の割合で混ぜたものが激しい音をたてて燃焼する。①～③の順番は選択した生徒が少なかった順などどの順番でもよいが、最後に③を行うと、①②で拍子抜けした分、驚きは大きくなる。（音に驚くので、心臓の悪い生徒がいる場合は注意が必要。その場合、大きな音がすることをあらかじめ話しておく。そして、一番激しい③から行い、ついで②、①と行くと、③で驚いた分①②との違いを明らかに感じることができる。）

- 炭酸水素ナトリウムと 2.0mol/L の塩酸の入った試薬瓶を教卓に置き、「これを使って、1 mol の二酸化炭素を発生させるためにはどうしたらよいか」と発問する。

◎準備

準備の流れ

1ヶ月前～

(発注, 調製, 代替の検討時間含む)

- ☐ 材料の準備
- ☐ 実験室の備品確認

～前日

- ☐ 材料の確認
- ☐ 塩酸の調製
- ☐ プラスチックカップにラベルを貼る
- ☐ 器具・教材の分配

当日

- ☐ 器具・教材の分配

必要な材料・器具・薬品

準備で必要なもの

濃塩酸, 蒸留水

必要な 2.0mol/L の塩酸の量 $70\text{mL} \times (\quad) \text{ 班/クラス} \times \text{クラス数} = (\text{X}) \text{ mL}$

必要な濃塩酸の量 $\text{X} \times 1/6$

当日必要なもの

[器具] プラスチックのコップ, 保護めがね

必要なプラスチックのコップ $1 \text{ 班} 8 \text{ 個} \times (\quad) \text{ 班} = (\quad) \text{ 個}$

[薬品] 炭酸水素ナトリウム, 2.0mol/L 塩酸

炭酸水素ナトリウムの必要量 $10 \text{ g} \times (\quad) \text{ 班} = (\quad) \text{ g}$

☆教材の入手方法

①炭酸水素ナトリウム

理科消耗品カタログなどで購入可能 500mL で 3,500 円程度

②塩酸

理科消耗品カタログなどで購入可能 500mL で 1,500 円程度

③プラスチックのコップ (大, 小)

500mL で 1,500 円程度

④プラスチックカップ

※なくてもよいですが, 実験の試料配付にあると便利です。

インターネットでも購入可能 本体 50 個で 450 円程度

ふた 50 個で 300 円程度



③ 左: 大 約 510mL
右: 小 約 220mL

当日のセット

☆生徒用

[器具]

□プラスチックカップ	
大 (約 510mL)	4 個
小 (約 220mL)	4 個
□ストロー	1 本
□薬さじ	1 本
□メスシリンダー	1 個
□駒込ピペット	1 本
□電子天秤	1 台
□オンスカップ (試料用)	1 個
□100mL ビーカー (塩酸用)	1 個
□保護めがね	人数分

[薬品]

□希塩酸 (2.0mol/L)	70mL 程度
□炭酸水素ナトリウム	15 g 程度

★教員用

□生徒用と同じもの



(1) 前日まで

○材料や器具の確認・調達を行う。

○2.0mol/L 塩酸の調製を行う。

必要量の塩酸の 5/6 体積の蒸留水をメスシリンダーではかりとりビーカーに移し、そこに、必要量の 1/6 体積の濃塩酸をメスシリンダーではかりとりつつ加えて混ぜる。

例) 900mL 調製するとき (塩酸は 12 で割り切れる量で調製するとよい)

蒸留水 750mL をメスシリンダーではかりとりビーカーに移し、そこに、150mL の濃塩酸をメスシリンダーではかりとり、少しずつ加えて混ぜる。

○プラスチックカップにビニールテープを貼り、大、小それぞれ 1.0 g, 2.0 g, 3.0 g, 4.0 g の 4 つずつ 1 セットとする。この作業は生徒にやらせてもよい。

(2) 実験当日

○材料や器具の分配を行う。

□プラスチックカップはビーカーやコニカルビーカー、三角フラスコなどで代用できる。ビーカー等を用いる場合、炭酸水素ナトリウムは薬包紙にはかりとる。塩酸が入った状態で、ビーカーごと電子天秤にのせ質量をはかり、それに加えた炭酸水素ナトリウムの質量を計算で合計したものと、反応後の質量の差から、発生した二酸化炭素の質量を求める。また、使用するビーカーは、使用する塩酸は 15mL と少量であるが、反応の際、発生した気体の二酸化炭素によって水溶液が跳ねてビーカーの外に出てしまう場合があるため、大きめの物を用いるとよい (200~500mL)。また、水溶液の飛び散りを防ぐため、薬包紙をビーカーの口にのせてもよい。この場合は、質量を測る際に、反応前、反応後ともに、薬包紙を加えた質量をはかる。プラスチックカップの大きさは、どのサイズでもよいが、上記と同様の理由から、反応させるコップは大きい方がよい。小さい方のコップは大きいコップが重なればよいので、大のコップの底より口は少し大きく、底はそれより小さいサイズであればよい。

□ストローはなくてもよい。

□駒込ピペットはスポイトでもよい。

□炭酸水素ナトリウムは、定量実験であるため、できるだけ試薬を使用する。ただし、掃除法などで売られている重曹でも代用可能である。その場合は、成分が炭酸水素ナトリウムだけのものを用いる。

◎観察，実験

観察，実験の流れ

□導入（5分）

- *導入のポイント及び例を参照
- *目的を理解させる

□観察，実験（25分）

- *手順を指導する
 - ・塩酸と炭酸水素ナトリウムをはかりとる
 - ・塩酸に炭酸水素ナトリウムを加えて反応させ、質量の変化から生じた二酸化炭素の質量を調べる
 - ・結果を表などに記入する
- *安全面を指導する（留意点の安全面を参照）
- *操作は全員で分担して行うように指導する
- *机間巡視を行いながら、生徒への実験のアドバイスや注意を促す

□結果のまとめ，考察（10分）

□授業のまとめ（5分）

□後片付け（5分）

手順

時間のめど（およそ 20 分）

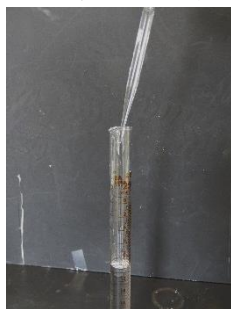
- ① メスシリンダーで 2.0mol/L の塩酸を 15mL はかりとり、小さい方のプラスチックカップに入れる。これを、4つ作る。

はかりとるときは、メスシリンダーの目盛り 15mL に少し足りないくらいまで、ビーカーから直接メスシリンダーに塩酸を注いだ後、駒込ピペットを用いて少しずつ滴下し、15mL ちょうどにする。

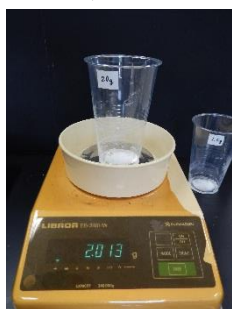
- ② 電子天秤に大きい方のプラスチックコップを置き、炭酸水素ナトリウムを 1.0g はかりとる。このとき、カップの内壁になるべく炭酸水素ナトリウムがつかないようにする。同様に、2.0, 3.0, 4.0g をはかりとる。

ポイント！炭酸水素ナトリウムが内壁につくと、塩酸と反応させる際にコップを斜めにするなどしなければならず、こぼれる危険性も出てくる。

- ③ ①に②をのせ、電子天秤を用いて、コップも含めた質量をはかり、記録する。4組すべてをはかる。



①



②



①と②



③

- ④ 炭酸水素ナトリウムの入った大きい方のコップに塩酸を静かに少しずつ加える。こぼさないように気をつけながらコップを傾けるなどして、コップの内壁についている炭酸水素ナトリウムも塩酸に浸るようにする。
- ⑤ 気体の発生が終了したら、カップを振るなどして液体中にある気泡を追い出した後、ストローでコップ内に息を静かに吹き込み、二酸化炭素を追い出す。このとき、未反応の炭酸水素ナトリウムがあるかどうか確認する。この条件で実験を行った場合、ストローで二酸化炭素を追い出さない場合、3.0

g, 4.0 g の時で約 0.01 g 重くなる。これは、生じた二酸化炭素の約 1.7% に当たり、物質質量に直すと 2.2×10^{-4} mol 程度である。有効数字 2 桁で考えた場合関係してくる所ではあるが、大きな影響はないので、状況により省略可能である。ただし、三角フラスコを用いた場合は、口が狭いため二酸化炭素が逃げにくい状態になるので、行った方がよい。また、「呼吸＝二酸化炭素」と考え、息を吹き込むのは無意味と捉える生徒もいるが、呼吸に含まれる二酸化炭素は 4 % 程度であり、この操作においては空気とほぼ一緒と考えてよいことを伝えるとよい。

- ⑥ ③と同様に、空になった小さい方のカップに⑤を重ねて、電子天秤を用いて質量をはかり、記録する。



④－1



④－2



⑤



⑥

- ⑦ ④～⑥を 1.0～4.0 g すべてで行い、下のような表にまとめる。思考を高めたい場合は、表は与えず、表にまとめるように指示だけする。

結 果	炭酸水素ナトリウムの質量 [g]	1.0	2.0	3.0	4.0
	反応前の総質量 a [g]				
	反応後の総質量 b [g]				
	発生した二酸化炭素の質量 a - b [g]				
	未反応の炭酸水素ナトリウムの有無				
処 理	炭酸水素ナトリウムの物質質量 [mol]				
	用いた塩酸の物質質量 [mol]				
	発生した二酸化炭素の物質質量 [mol]				

結果のまとめ

生じた二酸化炭素の質量が、1.0 g → 2.0 g ではほぼ倍、3.0 g と 4.0 g ではほぼ同じになっていることを確認する。

考 察

次の点などについて、考察させ、プリントに記入もしくは発表させる。

- ① 表のように、炭酸水素ナトリウムや塩酸、二酸化炭素を物質質量に直す。
- ② 物質質量のグラフを作成する。表と同様に、思考を高めたい場合は、グラフ用紙を配付し、単にグラフを作成するよう指示する。この場合、質量で作成する生徒もでてくるので、次の考察の際に質量比にしないか注意して見る必要がある。
- ③ 用いた塩酸と過不足なく反応する炭酸水素ナトリウムの物質質量はいくつか（グラフから読み取る）。
- ④ ③から、反応する NaHCO_3 と HCl と生じる CO_2 の物質質量の比はいくつか。
- ⑤ この反応を化学反応式で表し、④の結果と比較する。

授業のまとめ

以下の視点を参考に、まとめを行う。

- ① 化学反応式の係数の比が反応物と生成物の物質量の比になっていることが確認できた。
- ② 化学反応式が分かれば、計算によって、必要な反応物の量を求めることができることが分かった。

後片付け

生徒に次のように指示する。

- ビーカーに余った塩酸、炭酸水素ナトリウムはそのまま回収する。
- それ以外の器具はすべて水洗いさせる。

失敗例

●状態1 生じた二酸化炭素の量が理論値よりかなり小さくなった。

原因1 塩酸や炭酸水素ナトリウムを少なくはかりってしまった。

塩酸や炭酸水素ナトリウムはできるだけ正確にはかりとる。

原因2 二酸化炭素が残っていたため、その分反応後の質量が重くなった。

反応直後は、二酸化炭素の気泡が水溶液中に残っている。カップを動かすか、振動を与えるなどして、気泡を取り除くようにする。また、三角フラスコなどを用いた場合は、二酸化炭素が逃げにくい状態になるので、ストローで息を吹き込み、二酸化炭素を追い出す。

原因3 コップの内壁に炭酸水素ナトリウムが付着し、反応させなかった。

炭酸水素ナトリウムをはかりとるときにできるだけ内壁につかないようにし、付着した場合は、カップを傾けるなどして塩酸と反応させるようにする。

原因4 塩酸が薄かった。

この場合、特に3.0、4.0 gの時にクラス全体で生じた二酸化炭素の量が少なくなる。調製を慎重に行う。（巻末資料参照）

●状態2 生じた二酸化炭素の量が理論値よりかなり大きくなった。

原因1 塩酸や炭酸水素ナトリウムを多くはかりってしまった。

塩酸が多いと、3.0 g、4.0 gの時の二酸化炭素量が多くなる。炭酸水素ナトリウムを多く取ると1.0 g、2.0 gの時の二酸化炭素量が多くなる。できるだけ正確にはかりとる必要がある。

原因2 液がこぼれるなどして、反応後の質量が実際より小さくなった。

塩酸を一気に入れたり、カップが小さかったりすると、反応の際、溶液がカップの外に飛び散ってしまうので注意が必要である。また、内壁についた炭酸水素ナトリウムと反応させるためカップを傾けるときなども注意が必要である。ただし、ガラス棒を用いると、ガラス棒に溶液が付着してしまうので、その場合はかき混ぜたガラス棒も一緒に質量をはかる必要が生じる。

原因3 塩酸が濃かった。

この場合、特に3.0、4.0 gの時にクラス全体で生じた二酸化炭素の量が多くなる。調製を慎重に行う。（巻末資料参照）

●状態3 生じた二酸化炭素の量が3.0g, 4.0gで大きく異なった。

原因1 状態1, 2と同様の原因。

状態1, 2参照。特に、塩酸が濃い場合(状態2の原因3)は炭酸水素ナトリウムの量を増加しても、頭打ちにならない可能性も出てくるので注意が必要である。

別 法

別法① 炭酸水素ナトリウムではなく炭酸カルシウムを使う。

方法は同じであるが、炭酸カルシウムと塩酸の反応は

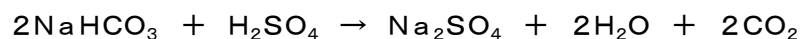


であるから、 $\text{CaCO}_3 : \text{HCl} : \text{CO}_2 = 1 : 2 : 1$ となる。

化学反応式の係数の比が物質量の比になることを確かめるにはよい教材といえる。また、炭酸カルシウムの式量は100であるため、計算もしやすい。

別法② 塩酸ではなく希硫酸を用いる。

方法は同じであるが、炭酸水素ナトリウムと硫酸の反応は



であるから、 $\text{NaHCO}_3 : \text{H}_2\text{SO}_4 : \text{CO}_2 = 2 : 1 : 2$ となる。

化学反応式の係数の比が物質量の比になることを確かめるにはよい教材といえる。ただし、硫酸は不揮発性であるため、衣服についたことに気付かずに放置すると、濃縮され脱水作用により布に穴が開くなどするので、注意が必要である。

別法③ 金属と塩酸を反応させ、発生する水素の体積をはかる。

ガス誘導管を取り付けた二股試験管を用いて金属と、塩酸を反応させる。水槽とメスシリンダーを用い、水上置換で発生した水素を捕集し、体積を調べる。

金属として適しているのはMgやAlである。Mgであれば $\text{Mg} : \text{HCl} : \text{H}_2 = 1 : 2 : 1$, Alは $\text{Al} : \text{HCl} : \text{H}_2 = 2 : 6 : 3$ となる。また、Alは表面にち密な酸化被膜を生じるため常温では塩酸と反応しにくい。ビーカーに50℃程度の湯を用意し、湯煎するとすぐに反応する。反応が始まると反応熱で反応が進むため、反応したら湯からあげる。

食酢中の酢酸の量を調べる ～中和滴定～

難易度	教材の入手日数	準備時間	実施時間
★★☆	1 ヶ月	1 ～ 3 時間	50 分

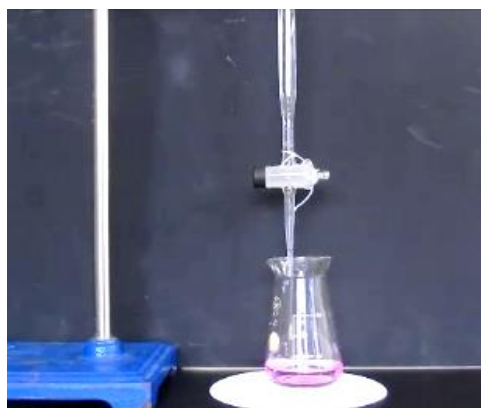
目的と内容

酢酸の中和滴定を行い、食酢中の酢酸の濃度を求め、酸と塩基の量的関係の理解を深める。また、実験器具の基本操作を身に付ける。

「酸、塩基と中和反応、酸化還元反応について観察、実験を行い、これらの化学反応に関する基本的な概念や法則を理解させること」がこの単元の主なねらいである。

また、「酸、塩基と中和反応におけるこれらの量的関係について理解させること」をねらいとしている。

ここでは、モル濃度の分かっている水酸化ナトリウム水溶液を用い、食酢の中和滴定を行い、食酢中の酢酸の質量パーセント濃度を求める。ホールピペット、メスフラスコ、ビュレットなど実験器具の基本操作を学ぶとともに、酸、塩基の価数と物質の量について理解させる。



既習事項

小学校：6年生の「水溶液の性質」

中学校：1年生の「酸・アルカリとイオン」

小学校では、酸性の水溶液として塩酸、炭酸水、アルカリ性水溶液として石灰水、アンモニア水を取り扱い、リトマス試験紙の変化、金属と塩酸の反応実験などを行っている。中学校では小学校で取り扱った溶液に加え、硫酸、食酢、水酸化ナトリウム水溶液を扱い、BTB溶液の変化、電気伝導性、寒天を用いたイオンの移動の実験などを行っている。酸の性質の基になっているのは H^+ でアルカリの性質の基になっているのは OH^- であることを学習しているが定着していない生徒が多い。また、強酸と強塩基の中和反応しか行っていないため、中和すると全て中性になると考えている生徒が多い。 H^+ と OH^- の再確認や、水が生成する反応であることの確認、中和しても中性にならない反応もあることを確認する必要がある。

留意点

【指導面】

○中和滴定とは、濃度の分かっている酸または塩基から、濃度の分からない塩基または酸の濃度を求める操作である。化学において基本的で重要な操作であることを確認した上で実験を行うとよい。

○酸と塩基の価数の関係や、モル濃度、質量パーセント濃度、モル質量といった値を用いた計算を扱う。生徒の最も苦手とする単元の一つである。計算式を暗記するのではなく、原理を理解し、粒子でとらえることで、酸と塩基の中和反応を理解させる。

○共洗いが必要なものと必要でないものを考える際に、「濃度が変わるから」「濃度が変わっても、溶質の物質量は変わらないから」といった言葉では理解が難しい生徒が多い。視覚的に粒子で示すと比較的理解しやすい。

○酸と塩基が過不足なく中和するには、酸の放出しうるの H^+ 物質量と塩基の放出しうる OH^- の物質量が等しくなければならない。よって、次の関係式が成り立つ。

酸の価数×酸の物質量＝塩基の価数×塩基の物質量

濃度 c [mol/L] で体積 v [mL] の a 価の酸の水溶液中には、 $\frac{c v}{1000}$ molの酸が含まれており、その酸が放出しうる H^+ の物質量は $\frac{a c v}{1000}$ molである。

同様に、濃度 c' [mol/L] で体積 v' [mL] の b 価の塩基の水溶液中には、 $\frac{c' v'}{1000}$ molの塩基が含まれており、その酸が放出しうる OH^- の物質量は $\frac{b c' v'}{1000}$ molである。

したがって、酸塩基が過不足なく中和するとき

$$\frac{a c v}{1000} = \frac{b c' v'}{1000}$$

つまり、 $a c v = b c' v'$

となる。この式を用いると簡単に濃度を求めることができるが、「酸の放出しうるの H^+ 物質量と塩基の放出しうる OH^- の物質量が等しいときに過不足なく中和する」ということを理解した上で、式を利用する。

○水酸化ナトリウムは潮解性があり、二酸化炭素を吸着するため、正確な濃度の水溶液を調節するのは難しい。よって、本来は約0.10mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液を作り、それをシュウ酸で滴定し水酸化ナトリウム水溶液の正確な濃度を計算により求めてから、食酢の滴定を行う。しかし、これを生徒に行わせるには時間がかかるため、教員が水酸化ナトリウム水溶液の滴定までは行っておく必要がある。ただ、教員にとっても準備に時間がかかるため、次のように目的と準備時間に応じて行うと良い。

◇食酢中に含まれる酢酸の量を正確に調べさせることを目的とする場合

水酸化ナトリウム水溶液をあらかじめシュウ酸にて滴定し、水酸化ナトリウム水溶液の正確な濃度を求めなければならない。時間の都合であらかじめシュウ酸で滴定するのが難しい場合は、標準液を購入するか、実験で使用する水酸化ナトリウム水溶液を用いて食酢の中和滴定を行い、食酢中の酢酸濃度から、水酸化ナトリウム水溶液の濃度を求めると、実験結果は記載されている値にかなり近づけることができる。

◇実験器具の使い方を身につけ、量的関係を学ぶことを目的とする場合

水酸化ナトリウム水溶液を直前にかつ大量に調製し、 0.10mol/L として使用する。食酢のラベルに示されている値とずれは生じるが、目的達成に影響はない。水酸化ナトリウム水溶液の調製方法をプリントに示し、水酸化ナトリウムの性質を話した後に、誤差がなぜ生じたか、誤差をなくすにはどうしたらよいかなど考察で考えさせてもよい。

○今回の実験について

濃度の分かっている水酸化ナトリウム水溶液を用いて、中和滴定を行い、食酢中に含まれる酢酸のモル濃度を求める。さらに、モル濃度から重量パーセント濃度を計算によって求める。重量パーセント濃度が記載されている食酢を使用し、計算によって求めた値と近いことから、日常生活と化学との関係が近いものであると感ずることができる。また、この実験において、ホールピペット、メスフラスコ、ビュレットなどの実験器具の基本操作を身に付けさせる。

【安全面】

- 水酸化ナトリウム水溶液は皮膚や粘膜を腐食するので、保護めがねを着用させ、手についた場合はすぐに水道水でよく洗うように指示する。万一、目に入った場合は、直ちに水道水で洗い、教員に知らせるように指導する。
- ビュレットやホールピペットは先が細く割れやすいので、取り扱いに十分に注意させること。

【後処理】

- 余った水酸化ナトリウム水溶液は保管し（巻末資料参照）、別の実験等で利用する。廃棄する場合は、酸で中和した後、大量の水を流しながら流す。
- ホールピペットはクラスごとに水洗いを行い、全クラス終了後、洗剤をつけて洗う。ピペット洗浄機を用いるとしっかり洗うことができる。ビュレットは、同日に実験を行う場合はそのまま洗わずに用い、日をまたぐ際は、水洗いを行う（ろうとを用い、コックを占めて水道水を注ぎ、コックを開けて液を排出する操作を繰り返し、最後に蒸留水を通す）。急いで乾かしたい場合は、エタノールやアセトンを通す。全クラス終了後、洗剤をつけて洗う。ホールピペット同様、ピペット洗浄機を用いるとしっかり洗うことができる。このとき、ビュレットは長いので、途中上下逆さにして洗うとよい。ピペット洗浄機がない場合、ホールピペットもビュレットも、洗剤を用いて洗ったあと、何度も水道水を通し、最後に蒸留水を通す。ビュレットは、コックを外してコックも洗う。乾かす際は、上下逆にしてスタンドに立てて乾かすとよい。乾いたら横にして保管する。コックはワセリンを薄く塗り、本体との間に薬包紙を挟んで保管すると固着を防ぐことができる。ビュレットで用いる水酸化ナトリウムは、空気中の二酸化炭素と反応し、炭酸ナトリウムを生じたり、ガラスを腐食しケイ酸ナトリウムを生じたりすることによって、ビュレットの先が詰まったり、コックが動かなくなったりする。特に、長期保管する場合は、きれいに洗浄する必要がある。

導 入

【ポイント】

- 酸と塩基との量的関係に興味・関心を高める。
- 濃度の分からない試料の濃度を調べるにはどうしたらよいか，疑問を喚起する。

【導入例】

- 食酢と重曹の反応を見せ，食酢中に酢酸が含まれていることを確認し，その量について発問する。また，酸の濃度を調べるには何が必要か発問する。
- 酸の放出しうるの H^+ 物質量和塩基の放出しうる OH^- の物質量が等しいときに過不足なく中和することを，価数の異なる酸と1価の塩基との中和反応から確認する。このことから， H^+ の物質量が分かれば OH^- の物質量が分かるので，濃度を求められることを確認する。
例) 0.1mol/L の酢酸（1価），シュウ酸（2価），クエン酸（3価）と水酸化ナトリウム水溶液（1価）を用意する。3種類の酸を同量ずつ（例 50mL ずつ）用意し，フェノールフタレイン溶液を2，3滴加える。そこに，200mL のメスシリンダーに取った水酸化ナトリウム水溶液を加えて行き，色の変化を見る。酢酸は1：1，シュウ酸は1：2，クエン酸は1：3で中和する。それぞれのメスシリンダーを並べることで簡単に使用した水酸化ナトリウム水溶液の量が分かる。

◎準備

準備の流れ

1ヶ月前～

(発注, 調製, 代替の検討時間含む)

- ☐ 材料の準備
- ☐ 実験室の備品確認

～前日

- ☐ 材料の確認
- ☐ 水酸化ナトリウム水溶液の調製・滴定
- ☐ 器具・教材の分配

当日

- ☐ 器具・教材の分配

必要な材料・器具・薬品

準備で必要なもの

[器具] 電子天秤, ビーカー (作る水溶液と同量のもの), メスフラスコ, 薬包紙, 薬さじ, ガラス棒

[薬品] 水酸化ナトリウム, シュウ酸二水和物, 蒸留水,

水酸化ナトリウム水溶液必要量 $50\text{mL} \times (\quad) \text{ 班} = (\quad \text{X} \quad) \text{ mL}$

X mL の水酸化ナトリウム水溶液を調製するのに必要な水酸化ナトリウム量

$0.1\text{mol/L} \times \text{X}/1000 \times 40 = (\quad) \text{ g}$

シュウ酸必要量 実験をすぐに行える場合は1回の滴定でよいが, 間隔が開く場合は直前に滴定を行う, 1回に必要な量は 約 50mL である。前日準備参照

当日必要なもの

[器具] ホールピペット, メスフラスコ, コニカルビーカー, ビーカー, 駒込ピペット, ビュレット, スタンド (ビュレット台), 漏斗, ろ紙, 洗浄瓶, 点眼瓶, 保護めがね

[薬品] 濃度の分かっている水酸化ナトリウム水溶液, 食酢, 蒸留水, フェノールフタレイン

☆教材の入手方法

①食酢

スーパーマーケットなどで購入可能 500mL で 100 円程度

②水酸化ナトリウム

理科消耗品カタログなどで購入可能 500mL で 1,500 円程度

③シュウ酸二水和物

理科消耗品カタログなどで購入可能 500mL で 1,500 円程度



①

当日のセット

☆生徒用

[器具]

☐ ホールピペット (10mL)	1 ~ 人数分
☐ メスフラスコ (100mL)	1 コ
☐ ビーカー (100mL)	3 コ
☐ コニカルビーカー	2 個
☐ 駒込ピペット	1 本
☐ ビュレット (50mL)	1 台
☐ ビュレット台	1 台
☐ ろうと	1 コ
☐ ろ紙	1 枚
☐ 洗淨瓶	1 コ
☐ 点眼瓶 (フェノールフタレイン用)	1 個
☐ 保護メガネ	人数分

[薬品]

☐ 市販の食酢 (濃度の書いてあるもの)	約 20mL
☐ 蒸留水	洗淨瓶 1 本
☐ 濃度の分かっている水酸化ナトリウム水溶液	約 50mL
☐ フェノールフタレイン	点眼瓶 1 つ

☐ ホールピペットは、口にすることに配慮し、安全ピペッターを用いるか、除菌シートで拭かせて用いるか、一人につき一本用意する。

☐ ビーカーは、食酢用、水酸化ナトリウム水溶液用、蒸留水用の 3 つ。

☐ コニカルビーカーは三角フラスコで代用可。各班 2 個ずつ程度あると、スムーズに行うことができるが、1 個でもよい。

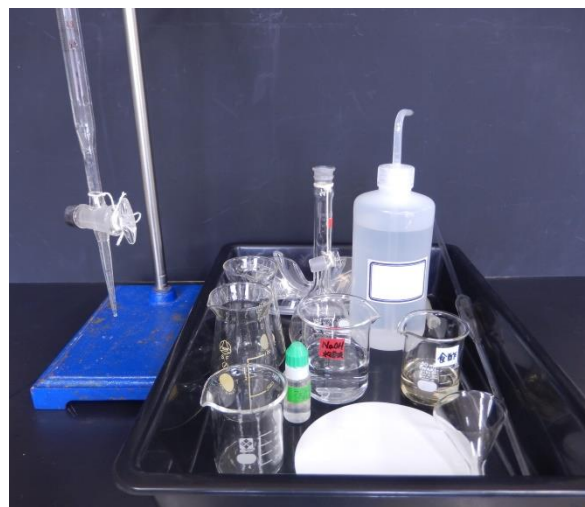
☐ 駒込ピペットはスポイトで代用可

☐ ビュレット台はスタンドで代用可

☐ ろうとは少し小さめが良い。大きいとビュレットの口と密着し水酸化ナトリウム水溶液が入りにくくなるため、ろうとを少し浮かせるか、水酸化ナトリウムを少しずつ入れるかする。

☐ 台が白色であれば、ろ紙はなくてよい。

☐ 市販の食酢に含まれる酢酸の濃度は、4.5%前後のものが多い。



★教員用

☐ 生徒用と同じもの

(1) 前日まで

○水酸化ナトリウム水溶液を調製し、シュウ酸を用いて滴定するなどして濃度を測定する。(留意点参照)

【0.1mol/L 水酸化ナトリウム水溶液の調製】

調製方法は巻末資料の「調製」の「調製方法」を参照する。基本的には定量実験なので、「より厳密な調製が必要な場合」の方法(メスフラスコを使用する方法)で行う。ただし、留意点の指導面に記載した、「食酢中に含まれる酢酸の量を正確に調べさせることを目的とする場合」については、滴定を行い、濃度を求めることから、「ある程度の厳密さが必要な場合」の方法(メスシリンダーを使用する方法)でもよい。

【0.050mol/L のシュウ酸水溶液の調製】

巻末資料の「調製」の「調製方法」の「より厳密な調製が必要な場合」の方法（メスフラスコを使用する方法）で行う。

例) 100mL 調製する場合

- ① 100mL のビーカーに蒸留水を約 50mL とる。
- ② シュウ酸二水和物 0.630g を正確にはかり、①の水溶液に加え、ガラス棒を用いてよく溶かす。
このとき、0.630g はかりとるのが難しい場合は、はかりとった量を記録しておき、その量でモル濃度を求めると良い。
- ③ ②の水溶液を 100mL のメスフラスコに移す。シュウ酸水溶液の入っていたビーカー上で攪拌に用いたガラス棒を、洗浄瓶を用いて洗い、ビーカーも回して洗い、その洗浄液をメスフラスコに移す。これを、2, 3 回繰り返す。
- ④ ③のメスフラスコに 100mL になるように蒸留水を加える。最後の微調節はビーカーに蒸留水を入れ、駒込ピペットを用いて正確に行う。
- ⑤ ④のメスフラスコに栓をして、栓を押さえながら逆さにして振り、よく混ぜ合わせる。

【水酸化ナトリウムの滴定】

実験と同様に水酸化ナトリウム水溶液をビュレットに満たし、安全ピペッターを用いてシュウ酸を 10mL 正確にはかりとり、滴定を 3 回～4 回行い、水酸化ナトリウム水溶液の濃度を計算する。

○フェノールフタレインの調製（巻末資料参照）

○ビュレットに漏れがないかどうか確認する。ビュレットとコックは同じ番号のものを組み合わせて用いる。違う番号のものをを用いると、液が漏れたり、操作がスムーズに行えなかったりする。番号のないものはどの組み合わせでもよい。

(2) 実験当日

○材料や器具の分配を行う。



◎観察，実験

観察，実験の流れ

□導入（5分）

- * 導入のポイント及び例を参照
- * 目的を理解させる

□観察，実験（25分）

- * 手順を指導する
 - ・ ホールピペット，メスフラスコの使用方法を説明する
 - ・ 食酢を 10 倍に薄める
 - ・ ビュレットの使用方法を説明する
 - ・ 滴定を行う
- * 安全面を指導する（留意点の安全面を参照）
- * 操作は必ず全員で分担して行うように指導する
- * 机間指導を行いながら，生徒への実験のアドバイスや注意を促す

□後片付け（5分）

- * 終わった班から片付けを行い，机上を整理し，考察を行う
（班によって，操作にかかる時間の差が生じると考えられるため）

□考察（10分）

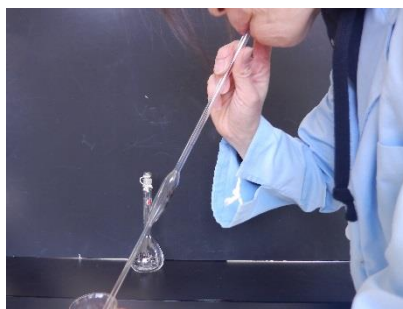
- * 考察する時間が足りない場合，滴下量の平均を求める処理までは時間内に終わらせ，残りは宿題とするなどして対処する

□まとめ（5分）

手順 時間のめど（およそ 20 分）

(1) 食酢を 10 倍に薄める

- ① ホールピペットを用いて食酢を 10.0mL 正確にはかりとり（巻末資料参照），100mL メスフラスコに移す。



(1)－①－1



(1)－①－2

- ② ①の標線の少し下まで蒸留水を静かに注ぐ。ビーカーに蒸留水を取り，駒込ピペットを用いて 1 滴ずつ加え，正確に 100mL にする。洗浄瓶を用いて蒸留水を注ぐとき，メスフラスコの内壁を伝わせるように蒸留水を注ぐと泡が立ちにくい。泡が立つと液面が正確に見えず，泡が消えるまで待たなければならなくなる。

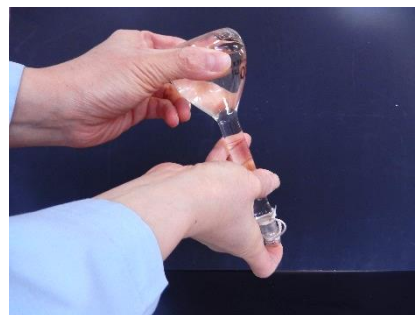


(1)－②－1



(1)－②－2

- ③ 栓をして、栓を押さえながら逆さにして振り、よく混合する。試験管内の物質を攪拌する際、逆さにすることはなく、試験管を左右に振ることで混合させるため、メスフラスコでも同様に振る生徒が多い。メスフラスコでは、標線まで液を入れたら、上向きの状態では細い首の部分に空所があるだけなので、左右に振っても攪拌されない。逆さにして、空所がフラスコの丸い底部分にある状態で振ると攪拌される。



(1)－③

(2) 滴定を行う

- ① ホールピペットを共洗いする（標線以上になるように希釈した食酢を取って捨てる）。このとき、一度吸った溶液が戻らないように注意する。
- ② ①のホールピペットを用い、希釈した食酢を 10.0mL はかり取り、コニカルビーカーに移す。
- ③ ②にフェノールフタレインを 2, 3 滴加える。忘れる生徒が多いので注意が必要。



(2)－③

- ④ ビュレットをビュレット台にセットする。ビュレットを床に置き、ビュレットのコックを閉じ、漏斗を用いて水酸化ナトリウム水溶液を目盛りの 0 mL 程度まで入れる。ビュレットが濡れている場合は、共洗いをしてから用いる。漏斗はビュレットの内壁につくように片側に寄せるなどして隙間をあける。ビュレットを作業台の上に置き、漏斗を外す。ビュレットの下に水酸化ナトリウム水溶液のビーカーを置いてコックを開き、ビュレットの先まで液を満たす。

注意！隙間がない状態で水酸化ナトリウム水溶液を一気に流し込むと、空気の逃げ道がないため、水溶液が入らずにあふれるので注意が必要である。あふれる危険性を考え、この作業は必ず目線より下で行うようにする。

ポイント！ビュレットに入れる水酸化ナトリウム水溶液は目盛りの 0 に合わせる必要はない。滴定前と後の目盛りの差から量を求める。



(2)－④－ 1



(2)－④－ 2

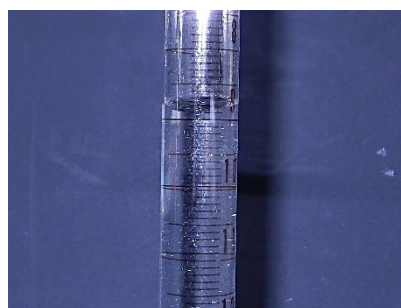
- ⑤ 滴定前，④のビュレットの目盛りを，最小目盛りの1/10まで読み取る。④のビュレットの下にろ紙を敷き，③のコニカルビーカーを置く。コックを開き，ビュレットから水酸化ナトリウム水溶液を滴下し，そのつどコニカルビーカーを振り混ぜる。これを溶液がごく薄い赤い色（中和点）になるまで繰り返す。

ポイント！ろ紙は，水溶液の色の変化を確認しやすくするために敷く。

ポイント！ビュレットのコックを開け閉めする際は，両手で軽く押し合うようにしながら開ける。

片手で行う方法もあるが，その際もコックと逆側も支えるように行う。コック側を単につまんで行くと，コックが抜け，水酸化ナトリウムが一気に流れ落ちることがある。

ポイント！フェノールフタレインによる変色はごく薄い赤にとどめるようにする。中和点付近では，1滴で大きく色が変わるので要注意である。滴下開始時はコニカルビーカーを振るとすぐに赤色が消えるが，徐々に消えづらくなってくる。そこからは，1滴ずつ慎重に行う必要がある。また，滴定1回目は目安がないため難しい。2回目以降は，1回目の滴下量を参考に中和点約1mL手前ぐらいまで一気に滴下し，そこから慎重に行うことで，時間短縮ができる。時間があれば，フェノールフタレインが真っ赤になった回（1回目など）のものは結果から除いてもよい。



(2)－⑤－1



(2)－⑤－2



(2)－⑤－3

- ⑥ 中和したときのビュレットの目盛りを滴定前と同様に読み取る。
- ⑦ ①～⑥を後2回繰り返す。このとき，ホールピペットは同様の液を用いるので共洗いしない。また，使用したコニカルビーカーの液は水に流し，水道水ですすいで洗った後，蒸留水で軽くすすぎ，濡れたまま共洗いをしないで用いる。また，4回以上行う場合は，水酸化ナトリウム水溶液が足りなくなる可能性が有る。ビュレットに水酸化ナトリウム水溶液を足し，目盛りを読み取ってから始める。
- ⑧ 下記のような表にまとめる。

	滴定前の目盛り a [mL]	滴定後の目盛り b [mL]	滴下量 b - a [mL]
1 回目			
2 回目			
3 回目			
平 均			

考 察

次の点などについて、考察させ、プリントに記入もしくは発表させる。

- ① 滴定の結果から、食酢を 10 倍に薄めた水溶液の酢酸のモル濃度を求める。
- ② ①より元の食酢の酢酸のモル濃度を求める。
- ③ ②より、元の食酢に含まれる酢酸の質量パーセント濃度を求める。このとき、食酢の密度は 1.00 g/mL とする。
- ④ なぜ食酢を 10 倍に薄めるのか（原液、100 倍などでもよいかどうか）。
- ⑤ ホールピペット、メスフラスコ、ビュレット、コニカルビーカーのうち、蒸留水で濡れたまま使用できるもの、共洗いが必要なものはそれぞれどれか。また、その理由は何か。
- ⑥ この実験で起こった反応を、化学反応式で表す。
- ⑦ この実験の指示薬としてメチルオレンジを用いた場合どうなるか。また、その理由は何か。
- ⑧ 計算値と食酢に記載されている濃度に差が生じた場合、その原因は何か。

まとめ

以下の視点を参考に、まとめを行う。

- ① 結果から、食酢中の酢酸の濃度を求めることができた。
- ② ホールピペット、メスフラスコ、ビュレットなどの実験器具の基本操作を身につけることができた。
- ③ 酸と塩基の量的関係について理解が深まった。

後片付け

生徒に次のように指示する。

- 器具は水道水で洗う。その際、割らないように注意すること。
- 余った水酸化ナトリウム水溶液、フェノールフタレインはそのまま回収する。余った 10 倍に薄めた食酢や中和した水溶液は水道に流す。

失敗例

●状態 計算値と食酢に記載されている濃度に大きな差ができた。

原因 1 水酸化ナトリウム水溶液の濃度が正しくなかった。この場合クラス全体でずれが生じる。

時間が経過すると、空気中の二酸化炭素を吸収し、濃度が下がる。直前に調製するか、直前にシュウ酸による滴定を行う。

原因 2 滴下量を多くした（滴下終了時、フェノールフタレインによる変色のごく薄い赤ではなく、赤色だった）。この場合、班ごとにばらつきが出る。

中和点付近では、1 滴ずつ滴下するよう気を付ける。薄く赤色が点いているかどうか不安な場合は、一度そこで目盛りを読み取った後、さらに 1 滴滴下し、完全な赤色になった場合は、1 滴手前の目盛りを採用する。

原因3 食酢の希釈が正確でなかった。この場合、班ごとにばらつきが出る。

時間があるなら、実験前に一度ホールピペットなど実験器具の取り扱いを練習しておくといよい。ホールピペットで1人1回ずつはかりとりビーカーに集め、班ごとに合計を質量から求めてより正確な班はどこかなど、ゲーム感覚で行ってもよい。

別 法

別法① スモールスケールで行う。(酸化還元滴定参照)

別法② pHメーターを用い、pHを測定しながら滴定し、滴定曲線を作成する。

弱酸－弱塩基(例 酢酸－アンモニア水溶液)、弱酸－強塩基(例 酢酸－水酸化ナトリウム水溶液)、強酸－弱塩基(例 塩酸－アンモニア水溶液)、強酸－強塩基(例 塩酸－水酸化ナトリウム水溶液)の滴定を行い、1 mLごとにpHメーターを用いてpHを測定する。pHをグラフに取り、滴定曲線を作成する。それぞれの滴定曲線から分かることや、中和滴定を行う際に適当な指示薬について考察を行う。

難易度	教材の入手日数	準備時間	実施時間
★★☆	1 ヶ月	2 時間	50 分

目的と内容

代表的な酸化剤と還元剤の反応を観察し、さらに電気の流れを調べることで酸化還元反応が電子の授受であることを確認する

「酸化還元反応が電子の授受によって説明できることや、それが日常生活や社会に深く関わっていることを理解させること」がこの単元の主なねらいである。酸化還元の定義を酸素や水素の授受から電子の授受へ広げ、酸化と還元が常に同時に起こることを扱う。

ここでは、代表的な酸化剤の過マンガン酸カリウム、還元剤のヨウ化カリウム、硫酸鉄(Ⅱ)、酸化剤にも還元剤にもなる過酸化水素に加え、身近な還元剤(酸化防止剤)であるビタミンC入りジュースの反応を調べる。また、電気の流れを調べることにより、酸化還元反応が電子の授受であることを理解する。



既習事項

小学校：6年生の「燃焼のしくみ」
中学校：2年生の「物質の成り立ち」「化学変化」
3年生の「水溶液とイオン」

小学校ではろうそくの燃焼の実験を行い、ものが燃えるには酸素が必要で、燃焼後には二酸化炭素が生じることを学習している。中学校では、酸化や還元が酸素の関係する反応であること、酸化と還元が同時に起こることを学習している。酸化ではスチールウールの燃焼、還元では酸化銅と炭素の加熱実験を行っている。発展では二酸化炭素中のマグネシウムの燃焼も取り扱っている。

留意点

【指導面】

○酸化還元反応は同時に起こる反応であり、次のように定義される。

	酸 化	還 元
酸素の授受	酸素を受け取る	酸素を失う（酸素を授ける）
水素の授受	水素を失う	水素を受け取る
電子の授受	電子を失う	電子を受け取る
酸化数	増加	減少

中学校では酸素の授受で考えており、「酸化＝酸素と化合する」と言葉と現象が一致しやすい。しかし、高等学校では「酸化＝電子を失う」と一致しにくく、気体として想像しやすい酸素、水素と異なり、想像しにくい電子で考えるため、生徒は理解しにくい。また、電子を受け取るのが酸化なのか還元なのか定着しにくく、さらに、「酸化剤＝還元される」、「還元剤＝酸化される」であるため、混乱する生徒も少なくない。代表的な酸化剤と還元剤との反応を観察し、電子の流れを調べることで、酸化還元反応は電子の授受であることを確認する。

○酸化防止剤として飲み物によく利用されているビタミンCを取り上げることで、酸化還元反応が生活に関係していることを実感させる。ビタミンCは栄養素名で、化学物質名ではアスコルビン酸という。

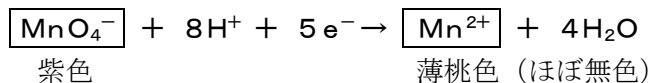
○酸化剤は電子を受け取り、還元剤は電子を放出するので、電子の流れは還元剤→酸化剤である。電流は電子の流れと逆なので酸化剤→還元剤となり、酸化剤が正極、還元剤が陰極となる。酸化剤にも還元剤にもなる物質は、酸化力の強い方が酸化剤に、還元力の強い方が還元剤になる。電流計のつなぎ方と電流の流れ、電子の流れの理解が不十分な生徒もいるので留意する。

○マイクロスケールで行い、廃液量を少なくする。また、マイクロプレートのふたにラップを敷くことにより、ヨウ素などによるプラスチックへの着色を防ぐ。

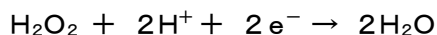
○今回の実験について。

<酸化剤の半反応式>

●過マンガン酸カリウム（硫酸酸性）



●過酸化水素（硫酸酸性）

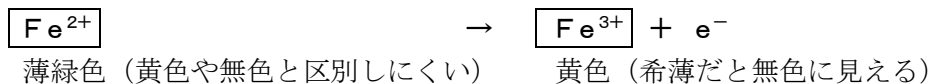


<還元剤の半反応式>

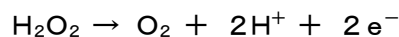
●ヨウ化カリウム



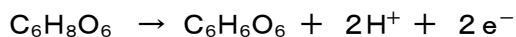
●硫酸鉄（Ⅱ）



●過酸化水素

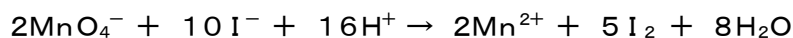


●ビタミンC（アスコルビン酸）



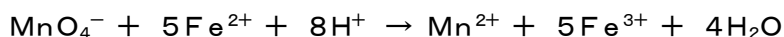
<酸化剤と還元剤の反応>

●過マンガン酸カリウム（硫酸酸性）とヨウ化カリウム



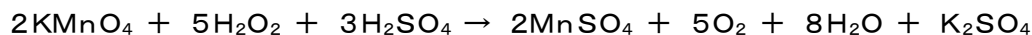
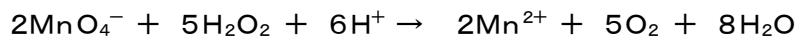
ヨウ素 I_2 は水に不溶であるが KI 水溶液には溶けて赤褐色になる。過不足無く反応すると I_2 が析出するため濃紫色沈殿が見られる。その場合、 KI 水溶液を加えると I_2 が溶けて赤褐色水溶液になる。ヨウ素ヨウ化カリウム水溶液はヨウ素溶液とも呼ばれるため、デンプンを含む紙を浸すと青紫色に変化する。

●過マンガン酸カリウム（硫酸酸性）と硫酸鉄(Ⅱ)



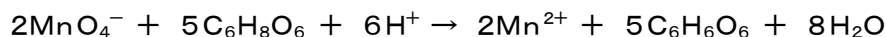
Fe^{3+} は黄色水溶液であるが、薄いと無色透明に見える。

●過マンガン酸カリウム（硫酸酸性）と過酸化水素



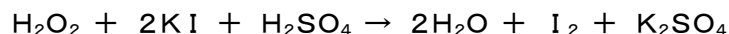
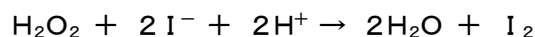
Mn^{2+} は淡桃色であるが、ほぼ無色透明に見える。

●過マンガン酸カリウムとビタミンC



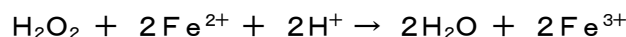
「過マンガン酸カリウムと過酸化水素」と同様にほぼ無色透明。

●過酸化水素とヨウ化カリウム



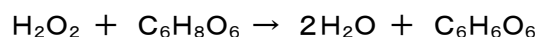
水に難溶の濃紫色のヨウ素が生じるがヨウ化カリウムが存在することによって溶けるため褐色になる。

●過酸化水素と硫酸鉄(Ⅱ)



Fe^{3+} は黄色であるが薄いためほぼ無色透明に見える。よって、変化を色では判断できないため、 Fe^{3+} と反応するとターンブルブルー（濃青色沈殿）を生じるヘキサシアノ鉄(Ⅱ)酸カリウム水溶液を加えて確認する。

●過酸化水素とビタミンC

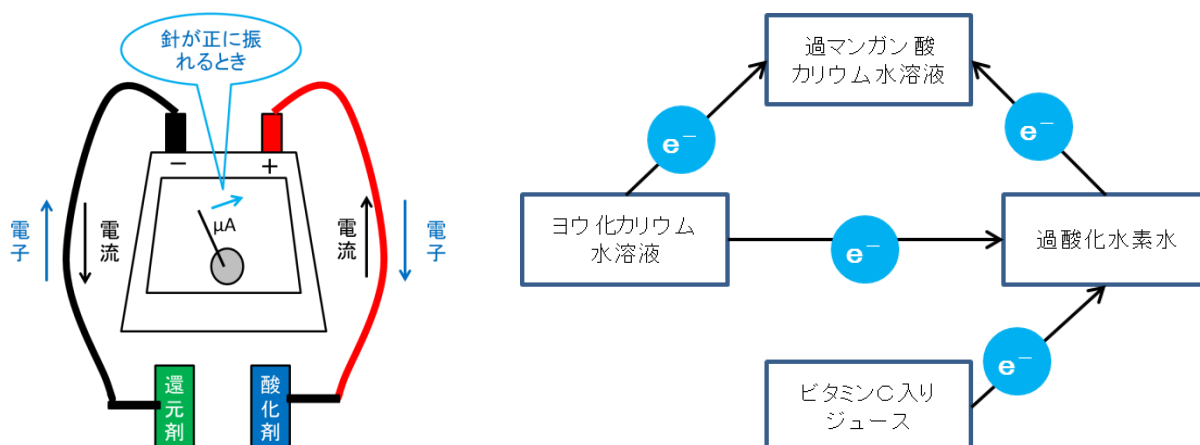


ジュースの色にもよるが、淡黄色のジュースの場合、ジュース自体も滴下したとき無色に見え、過酸化水素と反応しても無色透明のままなので、変化を確認できない。

<電子の流れ>

酸化剤は電子を受け取り、還元剤は電子を失う反応であるから、電子の流れは「還元剤→酸化剤」である。よって、電流計の陽極を酸化剤に、陰極を還元剤に置くと電流計の針が正に振れる。

この実験における電子の流れは次ページの図のようになる。この実験より、ビタミンC入りジュースと過酸化水素の反応では、過酸化水素が還元剤として働いていることが確かめられる。



【安全面】

- 保護めがねを着用させる。
- 使用する水溶液が手についた場合はただちに水でよく洗うよう指導する。
- 過酸化水素は、栓を開けるととき噴き出すことがあるので、ゴム手袋や保護めがねを着用する。高濃度の過酸化水素は皮膚に付着すると、びりびりとした刺激とともに白斑が生じるので、取り扱いに注意する。

【後処理】

- マンガン、鉄は重金属であるので、水道に流さず回収し、重金属廃液とする。貯留しておき、専門業者に廃棄を委託する

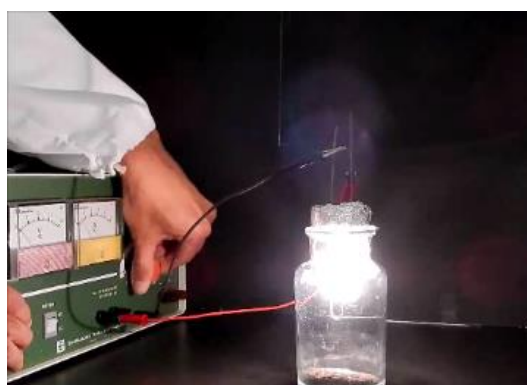
導 入

【ポイント】

- 酸化還元反応に興味・関心を高める。
- 既習事項であり、分かりやすい酸素の授受を確認し、さらに、酸素が関係しない酸化還元反応に対する疑問を喚起させる。

【導入例】

- 二酸化炭素中でのマグネシウムの燃焼実験を見せ、気体の酸素でなくても、酸素原子があれば酸化還元反応が起こることを確認する。また、この実験では、酸化還元反応の定義の中でも、電子の授受で酸化還元をとらえることを確認する。



集気瓶に二酸化炭素を充填してマグネシウムを燃焼



ドライアイス内でのマグネシウムの燃焼

○酸素の授受では説明できない酸化還元反応として、塩素中での銅との反応を見せ、酸化還元反応の電子の授受について確認する。

○身近な酸化剤としてポビドンヨードを含むうがい薬（イソジンなど）や次亜塩素酸ナトリウムを主成分とする殺菌・漂白剤（ハイターなど）、還元剤としてビタミンC（ジュースやタブレット）の反応を見せる。

○電池の仕組みから電子の授受と酸化剤還元剤の関係を確認する。

◎準備

準備の流れ

1ヶ月前～

(発注, 調製, 代替の検討時間含む)

- ☐材料の準備
- ☐実験室の備品確認

～前日

- ☐材料の確認
- ☐試薬の調製
- ☐マイクロプレートにラップを貼る
- ☐器具・教材の分配

当日

- ☐器具・教材の分配

必要な材料・器具・薬品

準備で必要なもの

過マンガン酸カリウム, 過酸化水素, ヨウ化カリウム, 硫酸鉄(II), ビタミンC入りジュース, 硫酸, ヘキサシアノ鉄(II)酸カリウム, 蒸留水, 電子天秤 (0.01 まで), メスシリンダー, 薬包紙, ビーカー, ガラス棒, 点眼瓶, ビニールテープ, 油性ペン

必要量 硫酸以外 約 0.4mL × () 班 = () mL

硫酸 約 2 mL × () 班 = () mL

当日必要なもの

[器具] プレート, ラップ, ガラス棒もしくはマドラー, シャーレ, ろ紙, 炭素棒, 500Ω 程度の抵抗, 導線赤黒各 2 本, マイクロアンペア計, ビーカー

[薬品] 上記各試薬 (点眼瓶に入れる) 7 種類

☆教材の入手方法

①過マンガン酸カリウム

理科消耗品カタログなどで購入可能 500 g で 3,500 円程度

②過酸化水素

理科消耗品カタログでは 30～35%のものが

購入可能 500mL で 1,600 円程度

薬局では 3%のものが購入可能

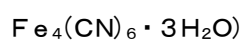
③ヨウ化カリウム

理科消耗品カタログなどで購入可能 25 g で 2,000 円程度

④硫酸鉄(Ⅱ) (硫酸第一鉄 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)

理科消耗品カタログなどで購入可能 25g で 2,400 円程度

⑤ヘキサシアノ鉄(Ⅱ)酸カリウム (フェロシアン化カリウム



理科消耗品カタログなどで購入可能 25 g で 2,500 円程度

⑥ビタミンC入りジュース

スーパーマーケットなどで購入可能 500mL で 100 円程度

⑦マイクロプレート (セルプレート) 24 穴 (ふたつき)

理科消耗品カタログなどで購入可能 4 枚で 2,000 円程度

⑧点眼瓶 (10mL)

※なくてもよいが、実験の試料配付にあると便利です。

理科消耗品カタログなどで購入可能 10 個で 500 円程度

インターネットでも購入可能 100 個で 1,500 円程度

⑨抵抗 (炭素皮膜)

インターネットなどでも購入可能 100 個で 100 円程度

⑩リード線

理科消耗品カタログなどで購入可能 10 本で 2,000 円程度

ミノムシクリップとビニールコードを購入し作成すると

1 本で 70 円程度

⑪炭素棒

理科消耗品カタログなどで購入可能 10 本で 3,000 円程度

⑫食品包装用ラップ

スーパーマーケットなどで購入可能



②



⑥



⑦



⑧



⑨



⑩



⑪

当日のセット

☆生徒用

[器具]

- ☐ 24 穴マイクロプレートのふた 1 枚
- ☐ 食品包装用ラップ (約 10×15cm) 1 枚
- ☐ ろ紙 丸 1 枚
小片 4 枚
- ☐ マイクロアンペア計 1 個
- ☐ ミノムシクリップ導線 赤, 黒各 2 本
- ☐ 抵抗 (500Ω 程度) 1 個
- ☐ 炭素棒 2 本
- ☐ ピンセット 1 個
- ☐ ペトリ皿 1 個
- ☐ ビーカー 1 個
- ☐ 点眼瓶 7 個

[薬品]

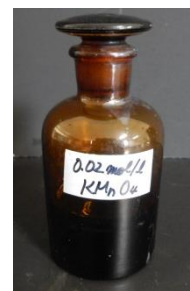
- ☐ 0.02mol/L KMnO_4 aq 点眼瓶 1 個
過マンガン酸カリウム水溶液
- ☐ 0.3% H_2O_2 aq 点眼瓶 1 個
過酸化水素水
- ☐ 0.1mol/L KI aq 点眼瓶 1 個
ヨウ化カリウム水溶液
- ☐ 0.1mol/L FeSO_4 aq 点眼瓶 1 個
硫酸鉄(II)水溶液
- ☐ ビタミンC 入りジュース 点眼瓶 1 個
- ☐ 2mol/L 硫酸 H_2SO_4 aq 点眼瓶 1 個
- ☐ 0.1mol/L $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ aq 点眼瓶 1 個
ヘキサシアノ鉄(II)酸カリウム水溶液

☐ マイクロプレートのふたは下敷きなどで代用できる。また、100 円ショップなどの簡易パレットやディスコ反応板でもよい。試験管でも良いが、その場合使用する溶液の量が増える。
☐ 検流計や電圧計で代用できる。検流計の場合は振り切れるので抵抗を並列につなげること。電圧計の場合は電圧と電流の関係を生徒に説明する必要がある。

☐ 抵抗は、今回は 510Ω のものを使用。抵抗を小さくするほど電流計に流れる電流は大きくなる。検流計を使用する場合はより値がより小さい抵抗が必要になる。

☐ 炭素棒はなくても可。その場合、ミノムシクリップの先をつける。

☐ 過マンガン酸カリウム水溶液は褐色のガラス瓶に保存する。点眼瓶に入れた液も長期間使用しない場合は、褐色ガラス瓶に移す。



☐ 過酸化水素は本来 0.05mol/L にするところだが、分解等で薄くなるため、また反応時に必要な加熱の手間を省くために約倍の 0.3% = 約 0.9mol/L で調製するとよい。

☐ Fe^{2+} は空気中でも酸化されてすぐに Fe^{3+} になるため、当日もしくは前日に調製する。鉄と一緒に入れておくと少し酸化を防ぐことができる。また、硫酸を少量加えると Fe^{2+} 緑色になる。

☐ ビタミンC 入りジュースは、酸化防腐剤として添加されているものではなく、栄養補助成分として添加されているものを選ぶ。また、ビタミン剤で代用可能。

★教員用

- ☐ 生徒用と同じもの



(1) 前日まで

○材料や器具の確認・調達を行う。

○試薬の調製を行う。この実験では、濃度の精度は高くなくてよい。よって、メスシリンダーで作成する量の蒸留水をはかりとりビーカーに移し、試薬をそれぞれ量り、蒸留水の入ったビーカーに加え、ガラス棒で混ぜてよく溶かす方法でよい。「必要な材料・器具・薬品」には目安量を掲載したが、廃液をなるべく少なくしたい場合は次の量を参考に調製する。試薬の調製方法については巻末資料参照。

1 班が使用する液量は、以下のとおりである。

硫酸鉄(Ⅱ) FeSO_4 水溶液とヘキサシアノ鉄(Ⅱ)酸カリウム $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ 水溶液→3 滴

ヨウ化カリウム KI 水溶液→4, 5 滴

過マンガン酸カリウム KMnO_4 水溶液→6, 7 滴

過酸化水素水 H_2O_2 とジュース→7, 8 滴

硫酸→40 滴弱

点眼瓶や試薬の種類にもよるが 1 滴 0.04mL 前後と考えて必要量を割り出す。

○マイクロプレートのふたにラップを貼る。

(2) 実験当日

材料や器具の分配を行う。

◎観察，実験

観察，実験の流れ

□導入（5分）

- *導入のポイント及び例を参照
- *目的を理解させる

□観察，実験（25分）

- *手順を指導する
 - ・手順(1)の説明およびヘキサシアノ鉄(Ⅱ)酸カリウム水溶液の反応について説明する
 - ・酸化剤と還元剤の反応を調べる
 - ・手順(2)の説明および電流計のつなぎ方と電流の流れ，電子の流れについて確認する
 - ・電子の流れを確認する
- *安全面を指導する（留意点の安全面を参照）
- *操作は全員で分担して行うように指導する
- *机間指導を行いながら，生徒への実験のアドバイスや注意を促す

□結果のまとめ（5分）

□考察（5分）

□授業のまとめ（5分）

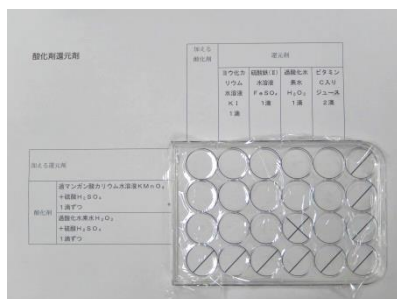
□後片付け（5分）

手順

時間のめど（およそ 20 分）

(1) 酸化剤と還元剤の反応を調べる

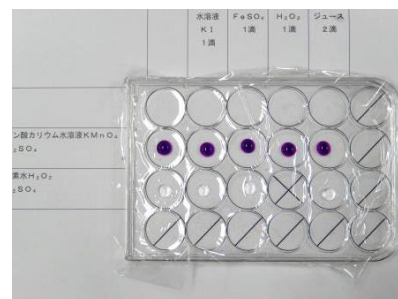
- ① ヘキサシアノ鉄(Ⅱ)酸カリウム $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ 水溶液は， Fe^{2+} は青白色沈殿を生じ， Fe^{3+} とは濃青色沈殿（紺青）を生じることを説明する。
- ② ラップをしたマイクロプレートのふたをプリントに合うように置き，ふたの円に1滴ずつ酸化剤を滴下する。「酸化剤」の列にも酸化剤を滴下し，還元剤を加えていない状態の水溶液との比較に利用する。



(1)－②－1



(1)－②－2



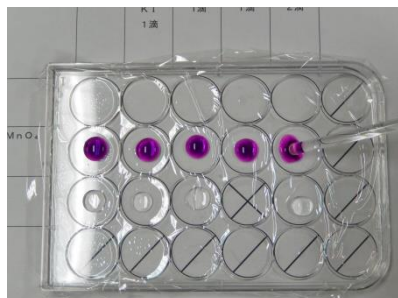
(1)－②－3

- ③ 過マンガン酸カリウムと過酸化水素水に硫酸を1滴ずつ加え，ガラス棒で混ぜる（混ぜなくても可であるが，混ぜた方が，速やかに反応が進む）。違う溶液を扱う際は，ガラス棒を水道で洗って用いる。
- ④ 還元剤をそれぞれの酸化剤に2滴ずつ滴下し，ガラス棒で混ぜて，反応を見る（混ぜなくても可であるが，混ぜた方が，速やかに反応が進む）。結果を表などに書く。「還元剤」の行も酸化剤の列と同様に比較のために滴下する。

- ⑤ ヘキサシアノ鉄(Ⅱ)酸カリウム $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ 水溶液の反応を説明する。

ポイント！ヘキサシアノ鉄(Ⅱ)酸カリウム水溶液は鉄(Ⅱ)イオンとは青白色沈殿、鉄(Ⅲ)イオンとは濃青色沈殿（紺青）を生じる。

- ⑥ 硫酸銅(Ⅱ)水溶液の列にヘキサシアノ鉄(Ⅱ)酸カリウム水溶液を1滴ずつ滴下し、変化を見る。



(1)－③



(1)－④

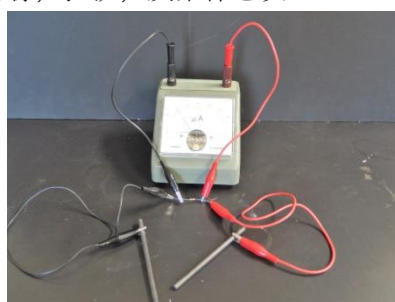


(1)－⑥

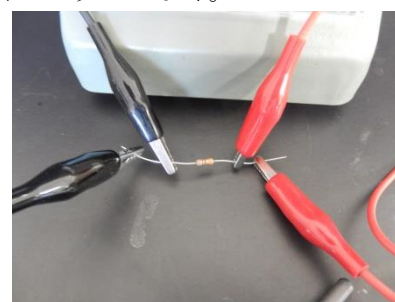
	ヨウ化カリウム 水溶液	硫酸銅(Ⅱ) 水溶液	過酸化水素水	ビタミンC入り ジュース
過マンガン酸カリウム 水溶液＋硫酸 ($+\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6 \text{aq}$)		()		
過酸化水素水 ＋硫酸 ($+\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6 \text{aq}$)		()		

- (2) 電子の流れを確認する。(過マンガン酸カリウム水溶液、過酸化水素水、ヨウ化カリウム水溶液、ビタミンC入りジュース)

- ① 電流計のつなぎ方と電流の流れ、電子の流れについて十分に確認する。
② マイクロアンペア計と導線、抵抗、炭素棒を次ページの図のようにつなぐ。

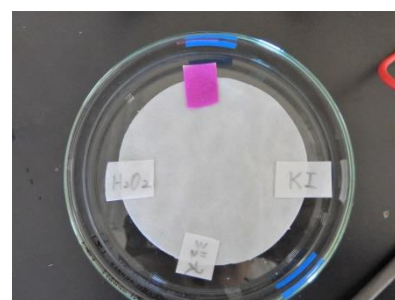


(2)－②－1



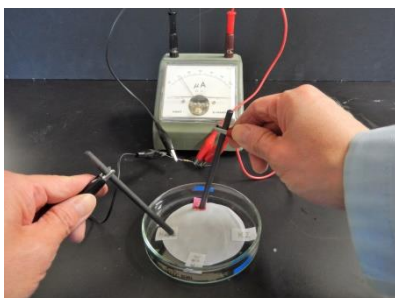
(2)－②－2

- ③ シャーレに丸いろ紙を置き、ろ紙全体が湿るように硫酸を垂らす。
④ 小さいろ紙片に、それぞれの液の物質名もしくは化学式を鉛筆で書き、もう一枚のろ紙上に置き、それぞれの液を1, 2滴垂らす。
⑤ ピンセットを用い4種類の溶液のろ紙の小片を、硫酸で湿らしたろ紙上に重ならないように置く。このとき、ビーカーに水を準備し、ピンセットをろ紙ごとに軽く洗う。

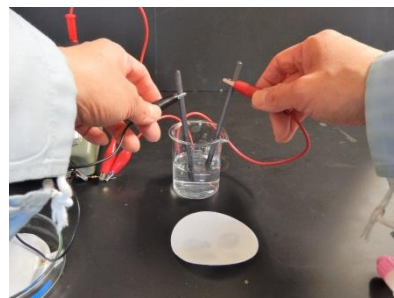


(2)－③, ④, ⑤

- ⑥ 炭素棒の一方を酸化剤に，もう一方を還元剤に置き，電流計の振れを確認する。負の方の振れた場合は電極を逆にしてもう一度行う。過マンガン酸カリウム水溶液と過酸化水素水とヨウ化カリウム水溶液の3つとビタミンC入りジュースと過酸化水素水の4通りについて行う。⑤と同様にビーカーに水を準備し，違う試料に移るときは必ず炭素棒を洗う。



(2)－⑥－1



(2)－⑥－2

- ⑦ 結果を表に書く。

電流計の端子	試料	電子の流れる向き	試料	電流計の端子
(+端子)	過マンガン酸カリウム水溶液	←	ヨウ化カリウム水溶液	(-端子)
()	過マンガン酸カリウム水溶液		過酸化水素水	()
()	ヨウ化カリウム水溶液		過酸化水素水	()
()	ビタミンC入りジュース		過酸化水素水	()

結果のまとめ

実験(1)の色の変化，および，実験(2)の電極を確認する。

考 察

次の点などについて，考察させ，プリントに記入もしくは発表させる。

- ① 各反応をイオン反応式で表す。
- ② イオン反応式から化学反応式。
- ③ 電極から，電子の流れを考える。
- ④ 電子の流れから，ビタミンC入りジュースは酸化剤，還元剤のいずれとして働いていると考えられるか。

ポイント！イオン式や反応式をすべて考えるには時間が不足する。課題として取り組ませるなどするとよい。

授業のまとめ

以下の視点を参考に、まとめを行う。

- ① 代表的な酸化剤還元剤の反応が分かった。
- ② 電子の流れを検流計によって確かめることができた。

後片付け

生徒に次のように指示する。

- ふたの上の溶液を重金属廃液入れに移し、そこに少量の水を入れ、ふたを動かして洗い、洗浄液も廃液入れに移す。その後、ラップをゴミに捨て、ふたを軽く洗う。
- ろ紙は捨て、シャーレ、ピンセット、炭素棒、ビーカーは洗う。
- 点眼瓶はそのまま回収する。

失敗例

●状態 1 思うような色に変化しなかった。

原因 試薬の濃度が大きく異なる。

掲載した試薬の濃度は過酸化水素を除き、酸化剤と還元剤を同量加えると過不足なく反応する濃度である。大きく濃度が異なると、過不足が生じ、思うような色に変化しない場合がある。その場合は濃度を調製し直す。

●状態 2 マイクロアンペア計の針が本来とは反対側に振れた。

原因 炭素棒に他の試薬がついていた。

炭素棒は試薬を変えるごとに洗う。

別 法

別法① 酸化剤還元剤を別のものにする。

酸化剤 ニクロム酸カリウム、塩化鉄(Ⅲ)、イソジン、塩素系漂白剤など

還元剤 硫化水素、シュウ酸、チオ硫酸ナトリウム、酸性漂白剤など

難易度	教材の入手日数	準備時間	実施時間
★★☆	1 ヶ月	2 時間	50 分

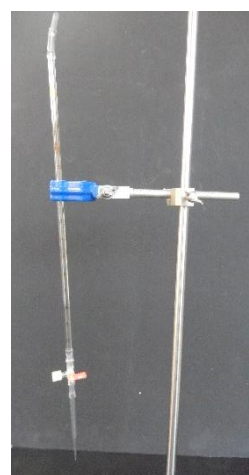
目的と内容

サプリメントのビタミンCの量を，酸化還元反応を利用して
求めることで，酸化還元反応の量的関係について理解する

「物質量の概念を導入し，反応に関与する物質の量的関係について，観察，実験を行い，化学反応における物質の変化と量的関係を化学反応式で表すことができることを理解させること」がこの単元の主なねらいである。また，「酸化還元反応が電子の授受によって説明できることや，それが日常生活や社会に深く関わっていることを理解させること」がねらいである。

ここでは，モル濃度の分かっている過マンガン酸カリウム水溶液を用い，酸化還元滴定を行い，サプリメントに含まれるビタミンCの量を求める。このことから，酸化還元反応における量的関係を理解させる。

また，廃液のことを考慮しスモールスケールで行う。



既習事項

小学校：6年生の「燃焼のしくみ」

中学校：2年生の「物質の成り立ち」「化学変化」「化学変化と物質の質量」
3年生の「水溶液とイオン」

小学校ではろうそくの燃焼の実験を行い，ものが燃えるには酸素が必要で，燃焼後には二酸化炭素が生じることを学習している。中学校では，酸化や還元が酸素の関係する反応であること，酸化と還元が同時に起こることを学習している。酸化ではスチールウールの燃焼，還元では酸化銅と炭素の加熱実験を行っている。発展では二酸化炭素中のマグネシウムの燃焼も取り扱っている。

また，中学校2年生では質量保存の法則を学習しているが，理解できていない生徒が多い内容の一つである。化学反応式から，「反応する物質，反応してできる物質が何であるか」「化学反応式の前の数字から，反応する物質と，反応してできる物質の分子や原子の数の関係がどうなっているか」が分かるということを学習している。

留意点

【指導面】

- 酸化剤または還元剤の標準液を用いて、還元剤または酸化剤の水溶液の濃度を滴定によって求める操作を酸化還元滴定という。使用する器具や操作方法是中和滴定と同じである。代表的な酸化剤である過マンガン酸カリウム水溶液は過マンガン酸イオン MnO_4^- の紫色であるが、還元されると希薄水溶液中ではほぼ無色のマンガンイオン Mn^{2+} に変化するため、指示薬を加える必要がないのが大きな特徴である。
- 化学変化の量的関係と中和滴定で、物質質量やモル濃度といった計算を必要とする学習をした上で、酸化還元滴定となる。酸化還元反応における電子の授受の関係への理解を深めるとともに、計算によって未知の濃度を調べることができることから、計算への嫌悪感を減らしたい。
- 生徒にとって身近であり、食料品に酸化防止剤としてもよく利用されているビタミンCの濃度を測定することによって、興味・関心を高める。ビタミンCは栄養素名で、化学物質名ではアスコルビン酸という。
- 共洗いが必要な物と必要でないものを考える際に、「濃度が変わるから」「濃度が変わっても、溶質の物質質量は変わらないから」といった言葉では理解が難しい生徒が多い。視覚的に粒子で示すと比較的理解しやすい。
- 酸化剤と還元剤が過不足なく反応するには、酸化剤が受け取る電子の物質質量と還元剤が放出する電子の物質質量が等しくなければならない。半反応式から、酸化剤と還元剤が過不足なく反応するときの物質質量の比を求めることができる。
- 過マンガン酸カリウムは再結晶法で精製した結晶にも MnO_2 を含むことや、還元されやすいことから、特に試薬瓶を開封後時間が経過している場合は純度が低下してしまう。また、水溶液は光により分解される。これらのことから、正確な濃度の水溶液を調節するのは難しい。よって、本来は、まず過マンガン酸カリウム水溶液をシュウ酸で滴定し、過マンガン酸カリウム水溶液の正確な濃度を計算により求めてから、還元剤の滴定を行う。しかし、これを生徒に行わせるには時間がかかるため、教員が過マンガン酸カリウム水溶液の滴定までしておく必要がある。ただ、教員にとっても準備に時間がかかるため、次のように目的と準備時間に応じて行うと良い。
 - ◇サプリメントのビタミンC（アスコルビン酸）の量を正確に調べさせることを目的とする場合
過マンガン酸カリウム水溶液をあらかじめシュウ酸にて滴定し、過マンガン酸カリウム水溶液の正確な濃度を求める。時間の都合であらかじめシュウ酸で滴定するのが難しい場合は、標準液を購入するか、実験で使用する過マンガン酸カリウム水溶液を用いてサプリメントを溶かした水溶液の酸化還元滴定を行い、水溶液のビタミンC濃度から、過マンガン酸カリウム水溶液の濃度を求めると、実験結果は記載されている値にかなり近づけることができる。
 - ◇実験器具の使い方を身につけ、量的関係を学ぶことを目的とする場合
過マンガン酸カリウム水溶液を直前に調製し、 0.10mol/L として使用する。サプリメントのパッケージに記載されているビタミンCの値とずれは生じるが、目的達成に影響はない。過マンガン酸カリウム水溶液の調製方法をプリントに示し、過マンガン酸カリウム水溶液の性質を話した後に、誤差がなぜ生じたか、誤差をなくすにはどうしたらよいかなど考察で考えさせてもよい。

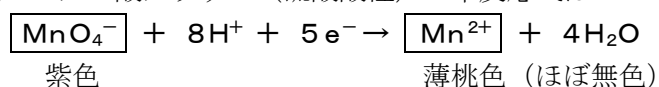
○今回の実験について

ビタミンCサプリメントを水に溶かし、ビタミンC入りサプリメント水溶液を作る。この水溶液を、濃度の分かっている過マンガン酸カリウム水溶液を用いて、酸化還元滴定を行い、ビタミンCのモル濃度を求める。さらに、モル濃度からタブレット1個あたりのビタミンCの質量を計算によって求める。含有質量が記載されているサプリメントを使用し、計算によって求めた値と近いことから、日常生活と化学との関係が近いものであると実感することができる。また、この実験において、ホールピペット、メスフラスコ、ビュレットなどの実験器具の基本操作を身に付けさせる。

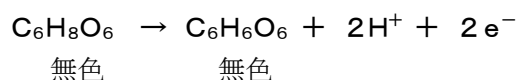
また、マイクロスケールで行い、廃液量を少なくする。過マンガン酸カリウムは含まれるマンガンが重金属であるため、廃液は重金属廃液となる。環境保全の面からも、試薬や廃液処理にかかる金銭的な面からも、廃液は少ない方がよい。そこで、マイクロスケールで行う。先に挙げたマイクロスケールで行う利点について生徒に考えさせてもよい。

今回の実験における反応は以下の通りである。

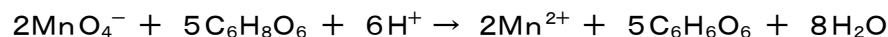
過マンガン酸カリウム（硫酸酸性）の半反応式は



ビタミンC（アスコルビン酸）の半反応式は



よって、過マンガン酸カリウムとビタミンCのイオン反応式は



となり，化学反応式は



となる。

つまり、過不足なく反応するとき、過マンガン酸カリウムとビタミンCの物質量の比は

過マンガン酸カリウム KMnO_4 : ビタミンC $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ = 2 : 5

となる。

求めるサプリメント水溶液中のビタミンCのモル濃度をX [mol/L] とし、1mL をはかりとり、0.02mol/L の過マンガン酸カリウムを用いて滴定を行ったとき、滴下した過マンガン酸カリウム水溶液の量をV [mL] とすると、

$$0.02[\text{mol/L}] \times \frac{V}{1000} [\text{L}] : X[\text{mol/L}] \times \frac{1}{1000} [\text{L}] = 2 : 5$$

$$2 X=0.02 \times V \times 5$$

$$X=0.05\text{ V} \quad \text{となる}$$

1 個のサプリメントを溶かした水溶液の体積を a [mL] とすると、a [mL] 中に含まれるビタミン

Cの物質量は $X \text{ [mol/L]} \times \frac{a}{1000} \text{ [L]}$, つまり, $\frac{0.05 a V}{1000} \text{ [mol]}$ となる。ビタミンCのモル

$$\text{質量は } 176 \text{ [g/mol] より, 1 個のサプリメント中のビタミンC量は } \frac{0.05 \text{ a V}}{1000} \times 176 \text{ [g]}$$

つまり、 $a \text{ V} \times 8.8 \times 10^{-3} \text{ [g]}$ となる。

【安全面】

○保護めがねを着用させる。

○使用する水溶液が手についた場合はただちに水でよく洗う。

【後処理】

- マンガンは重金属であるので、水道に流さず回収し、重金属廃液として貯留しておき、専門業者に廃棄を委託する。

導 入

【ポイント】

- 酸化還元反応と量的関係に興味・関心を高める。
- 濃度の分からない試料の濃度を調べるにはどのようにしたらよいか、疑問を喚起させる。

【導入例】

- 清涼飲料水のビタミンCの効果について発問し、酸化防止剤つまり自身が酸化されることで他の物質が酸化されないようにする還元剤であることを確認する。そこで、還元剤であるビタミンC（アスコルビン酸）の濃度を求めるにはどうしたらよいか発問する。
- 酸と塩基だったらどうやって濃度を調べるか発問する。
- 身近な酸化剤としてポビドンヨードを含むうがい薬（イソジンなど）や次亜塩素酸ナトリウムを主成分とする殺菌・漂白剤（ハイターなど）、還元剤としてビタミンC（ジュースやサプリメント）の反応を見せる。
- サプリメント1粒を見せ、「この中にビタミンCが何g含まれているか調べるにはどうしたらよいか」と発問する。

◎準備

準備の流れ

1ヶ月前～

(発注, 調製, 代替の検討時間含む)

- ☐ 材料の準備
- ☐ 実験室の備品確認

～前日

- ☐ 材料の確認
- ☐ 過マンガン酸カリウム水溶液の調製・滴定
- ☐ マイクロビュレットを組み立てる
- ☐ 器具・教材の分配

当日

- ☐ 器具・教材の分配

必要な材料・器具・薬品

準備で必要なもの

過マンガン酸カリウム, シュウ酸, 蒸留水, 電子天秤 (0.01 まで), メスシリンダー, 葉包紙, ビーカー, ガラス棒, 1 mL メスピペット (2 本), シリコンチューブ (すべて約 2 cm の長さに切り, 外径×内径が 8×6 mm が 3 個, 6×4 mm が 1 個, 7×5 mm が 2 個), ピペットチップ, 三方活栓

過マンガン酸カリウム水溶液必要量 $5 \text{ mL} \times (\quad) \text{ 班} = (\quad \text{X} \quad) \text{ mL}$

X mL の過マンガン酸カリウム水溶液を調製するのに必要な過マンガン酸カリウム量

$$0.02 \text{ mol/L} \times \text{X} / 1000 \times \quad = (\quad) \text{ g}$$

シュウ酸必要量 実験をすぐに行える場合は 1 回の滴定でよいが, 間隔が開く場合は直前に滴定を行う, 1 回に必要な量は 10 mL である。前日準備参照

※シュウ酸は無くても可 (留意点の【指導面】を参照)

硫酸必要量 $5 \text{ mL} \times (\quad) \text{ 班} = (\quad \text{Y} \quad) \text{ mL}$

Y mL の硫酸を調製するのに必要な濃硫酸量 $\text{Y} \times 1/9 = (\quad) \text{ mL}$

当日必要なもの

[器具] メスフラスコ, ビーカー, 駒込ピペット, ペトリ皿, 自作マイクロビュレット, メスピペット, シリンジ, スタンド (ビュレット台), ろ紙, 洗浄瓶, 保護めがね

[薬品] 濃度の分かっている過マンガン酸カリウム水溶液, ビタミンC サプリメント, 蒸留水

☆教材の入手方法

①過マンガン酸カリウム

理科消耗品カタログなどで購入可能 500 g で 3,500 円程度

②ビタミンC サプリメント

薬局などで購入可能 30 粒で 250 円程度



②

当日のセット

☆生徒用

[器具]

- | | |
|---|-----|
| ☐ 1 mL メスピペット（上部にシリコンチューブを付けたもの） | 1 本 |
| ☐ 50mL ビーカー（試薬用） | 2 個 |
| ☐ プラスチックカップ（マヨネーズカップ） | 2 個 |
| ☐ 1 mL 自作マイクロビュレット | 1 本 |
| ☐ ビュレット台 | 1 台 |
| ☐ シリンジ | 1 個 |
| ☐ 2 mL 駒込ピペット | 1 枚 |
| ☐ ろ紙 | 人数分 |
| ☐ 保護メガネ | |

[薬品]

- | | |
|---|--------|
| ☐ ビタミンCサプリメント水溶液 | 約 10mL |
| ☐ 濃度の分かっている過マンガン酸カリウム水溶液 | 約 10mL |
| ☐ 2.0mol/L 硫酸 | 約 10mL |

★教員用

□生徒用と同じもの

+ ビタミンC水溶液調製セット

□メスピペットはホールピペット（1 mL）で代用可。むしろ、精度はホールピペットの方が1桁高い。ホールピペットを用いる場合は、口にすることに配慮し、安全ピペッターを用いるか、除菌シートで拭かせて用いるか、一人につき一本用意する。1 mL サイズがない場合は、2～5 mL のメスピペットを使用し、1 mL はかりとる。

□ビーカーは、過マンガン酸カリウム水溶液とビタミンC水溶液および廃液用の3つ。

□プラスチックカップは、中和滴定でいうコニカルビーカーの代わりである。10mL 程度の大きさのビーカーでも代用できる。5 mL のホールピペットを用いるなど、滴定する試薬の量が多い場合は、それに応じた用量のものを使用する。

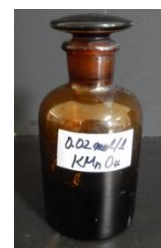
□ビュレット台はスタンドで代用可。

□台が白色もしくはカップが白色であれば、ろ紙はなくてよい。

□いろいろなサプリメントがあるが、ビタミンC以外の成分を含む場合、還元作用をもつ成分もあるので、できるだけ他の成分が入っていないものを使用する。また、錠剤やカプセル、粉末などがあるが、カプセルや粉末の方が水に溶かす際に扱いやすい。

□過マンガン酸カリウム水溶液は褐色のガラス瓶に保存する。点眼瓶に入れた液も長期間使用しない場合は、褐色ガラス瓶に移す。

□薬品は実際に使用するのは4 mL 程度あるが、吸い上げてはかりとるため少し多めに配付する。



生徒用セット



ビタミンC水溶液調製セット（教員のみ）

(1) 前日まで

○材料や器具の確認・調達を行う。

○試薬を調製する。

0.02mol/L 過マンガン酸カリウム水溶液と 2.0mol/L 硫酸、必要に応じて 0.050mol/L シュウ酸水溶液を調製する（留意点の指導面を参照）。過マンガン酸カリウム水溶液を保管する際は褐色瓶に入れる。

【0.02mol/L 過マンガン酸カリウム水溶液】

調製方法は巻末資料の「調製」の「調製方法」を参照する。基本的には定量実験なので、「より厳密な調製が必要な場合」の方法（メスフラスコを使用する方法）で行う。ただし、留意点の指導面に記載した、「サプリメントのビタミンC（アスコルビン酸）の量を正確に調べさせることを目的とする場合」については、滴定を行い、濃度を求めることから、「ある程度の厳密さが必要な場合」の方法（メスシリンダーを使用する方法）でもよい。

【2.0mol/L 硫酸】

調製方法は巻末資料の「調製」の「調製方法」を参照する。およその濃度で十分な場合でよい。ただし、溶解熱が大きい試薬で調製する。

【0.050mol/L のシュウ酸水溶液を調製】

「実験 18 中和滴定」の「準備」の「前日まで」を参照。

【過マンガン酸カリウム水溶液の滴定】

実験 18 中和滴定と同様に過マンガン酸カリウム水溶液をビュレットに満たし、安全ピペッターを用いてシュウ酸を 1mL 正確にはかりとり、滴定を 3 回～4 回行い、過マンガン酸カリウム水溶液の濃度を計算する。

○サプリメントをどのぐらいの水で溶かすか計算しておく。

留意点の指導面より、サプリメント水溶液中のビタミンCのモル濃度を X [mol/L] とし、1mL をはかりとり、0.02mol/L の過マンガン酸カリウムを用いて滴定を行ったとき、滴下した過マンガン酸カリウム水溶液の量を V [mL] とすると、「 $X=0.05V$ 」となる。1mL のマイクロビュレットで滴定を行うとき、滴下量 V を 0.2～0.4mL 程度にしたい。よって、サプリメント水溶液の濃度は 0.010～0.020 [mol/L] であることが望ましい。このモル濃度の水溶液 1L 中のビタミンC量は、ビタミンCのモル質量が 176 [g/mol] より、1.76 g～3.52 g 程度となる。例えば、使用するサプリメントが 1 粒約 500mg のビタミンCを含むとき、水に溶かして 250mL にすると、水溶液 1L あたり約 2 g のビタミンC量となる。ホールピペットが 5mL しかない場合は、さらに、5 倍程度に薄める。つまり、1L 中のビタミンC量は 0.352～0.704 g 程度となる。この場合、1 粒約 500mg のビタミンCを含むものを、水で溶かして 1L にするとよい。

○マイクロビュレットを組み立て、漏れがないかどうか確認する。

【マイクロビュレットについて】

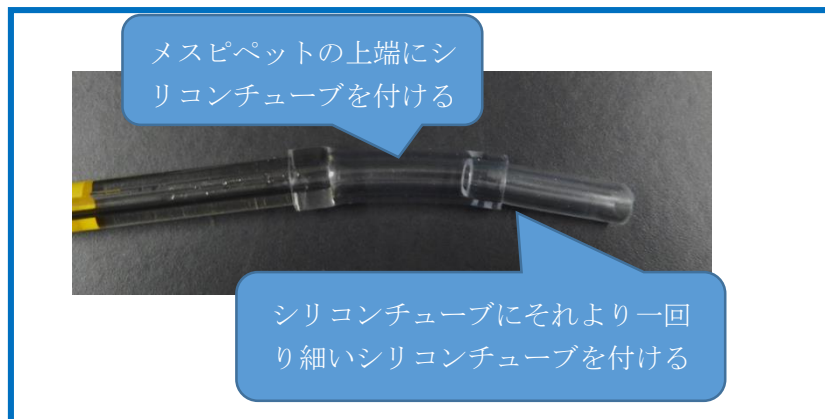
1～2mL のメスピペットやディスポーザブルピペットとピペットチップ（自作の先を細くしたガラス管でもよい）を三方活栓（二方活栓でもよい）でつないだものである。接続部にはシリコンチューブを用いる。

通常のビュレットは 50mL で 10,000 円以上である。このマイクロビュレットはメスピペットが 500 円程度、三方活栓が 1 個 150 円程度、ピペットチップ 1 個 3 円程度（ただし、三方活栓は 50 個から、ピペットチップは 1,000 個からの購入となる場合が多い）、シリコンチューブは太さによるがそれぞれ 1m で 800 円程度であり、マイクロビュレット 1 本 700 円程度で組み立てることができる。ディスポーザブルピペットは 1 本 50 円程度（ただし、200～本単位で購入となる場合が多い）であるため、さらに安価につくることができる。

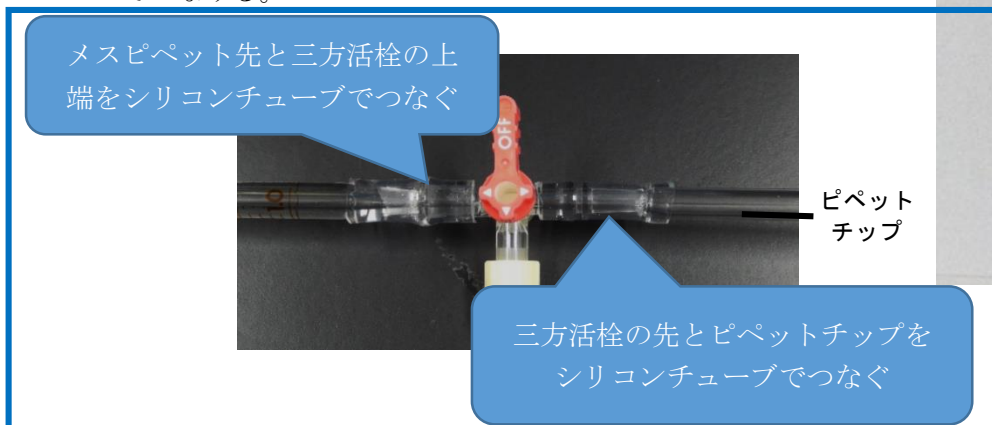
また、試薬の量が少なくすむため、準備時間の短縮および廃液量の削減、滴下量が少なくすむため、実験時間の短縮、といった多くの利点がある。また、使用したメスピペットは元の状態に戻し、使用することができる。

【マイクロビュレットの組み立て方】

- ① メスピペットの上側に、シリコンチューブAを付ける。さらにその取り付けしたシリコンチューブAに、それより一回り細いシリコンチューブBを付ける。ここに、シリンジを付けて吸い上げるのだが、メスピペットに取り付けられるシリコンチューブの太さのままだとシリンジとの間に隙間が生じるため、サイズ違いのシリコンチューブを使用する。ホールピペットの代わりに用いるもう一本のメスピペットも同様にする。



- ② 三方活栓の先とピペットチップをシリコンチューブCでつなげる。このとき、チップの先でけがをしないように気をつける。特に、自作の先を細くしたガラス管を使用する場合は、刺さるので注意が必要である。
- ③ ①の三方活栓の逆側と、メスピペットの先をシリコンチューブAでつなげる。



今回使用したシリコンチューブの太さは（外径×内径）以下の通りである。チューブの太さは、つなげる管の外径より1mm小さい内径のチューブを使用するとよい。

A : 8 × 6 mm B : 6 × 4 mm C : 7 × 5 mm

(2) 実験当日

○材料や器具の分配を行う。

○錠剤のビタミンCサプリメントを使用する際は、紙にはさみ金槌などでたたいて、細かくしておく。

◎観察，実験

観察，実験の流れ

□導入（5分）

- *導入のポイント及び例を参照
- *目的を理解させる

□観察，実験（25分）

- *演示実験でメスフラスコを用いて，ビタミンC水溶液を調製する
- *手順を指導する
 - ・ホールピペット，マイクロビュレットの使用方法的説明
 - ・滴定

- *安全面を指導する（留意点の安全面を参照）

- *操作は必ず全員で分担して行うように指導する

- *机間巡視を行いながら，生徒への実験のアドバイスや注意を促す

□後片付け（5分）

- *終わった班から片付けを行い，机上を整理し，考察を行う
（班によって，操作にかかる時間の差が生じると考えられるため）

□考察（10分）

- *考察する時間が足りない場合，滴下量の平均を求める処理までは時間内に終わらせ，残りは宿題とするなどして対処する

□まとめ（5分）

手順

時間のめど（およそ 20 分）

1 mL のメスピペットもしくはホールピペットを用いる場合

(1) ビタミンC水溶液の調製（ビタミンC含有量約 500mg/1 個のカプセルを溶かして 250mL にする場合）

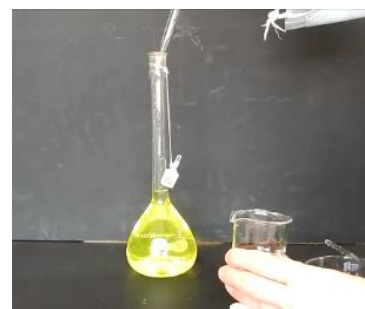
- ① ペトリ皿にサプリメントのカプセルを開けて，中の粉末を取り出す。カプセルはひねるようにすると開けやすい。錠剤のものは紙ではさみ金槌などである程度砕く。
- ② 200mL ビーカーに蒸留水を 100mL 程度とり，①の粉末を加えてガラス棒で混ぜてよく溶かす。粉末を取り出したペトリ皿に蒸留水をかけてすすぎ，その液もビーカーに移し，これを 2，3 回繰り返す。
- ③ 250mL のメスフラスコに②を移し，ガラス棒とビーカーに蒸留水をかけてすすぎ，その液もメスフラスコに移し，これを 2，3 回繰り返す。
- ④ 蒸留水を加え，駒込ピペットで標線にあわせる。メスフラスコのふたをして手で押さえ，逆さにしてよく振り混ぜる。



(1)－①



(1)－②



(1)－④

(2) 滴定

- ① シリコンチューブを取り付けたメスピペットにシリンジをつなぎ、ビタミンC入り水溶液 1.0mL を吸い上げ、プラスチックカップに移す。これに、2.0mol/L の硫酸を駒込ピペットで 1mL はかりとり加え、プラスチックカップを揺すって混ぜる。このとき、ガラス棒を用いて攪拌すると、ビタミンC量が変わるので用いない。



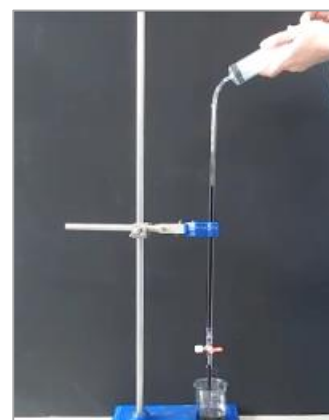
(2)－①－ 1



(2)－①－ 2

- ② マイクロビュレットをビュレット台にセットする。ビュレット台を床に置き、ビュレットのコックを開き、シリンジを用いて過マンガン酸カリウム水溶液を目盛りの 0 mL 程度まで吸い取る。ビュレットが濡れている場合は、共洗いをしてから用いる。

ポイント！ビュレットに入れる過マンガン酸カリウム水溶液は目盛りの 0 に合わせる必要はない。滴定前と後の目盛りの差から量を求める。



(2)－②

- ③ 滴定前、つまり②のマイクロビュレットの目盛りを、最小目盛りの 1/10 まで読み取る。②のビュレットの下にろ紙を敷き、①のビーカーを置く（白いプラスチックカップを用いた場合はろ紙を敷かなくてよい）。コックを開き、ビュレットから過マンガン酸カリウム水溶液を滴下し、そのつどビーカーを振って混ぜる。これを溶液がごく薄い紫色（当量点）になるまで繰り返す。

ポイント！ろ紙は、水溶液の色の変化を確認しやすくするために敷く。

ポイント！滴定 1 回目は目安がないため難しい。2 回目以降は、1 回目の滴下量を参考に当量点手前ぐらいまで一気に滴下し、そこから慎重に行うことで、時間短縮ができる。時間があれば回数を増やし、1 回目は結果から除いてもよい。



(2)－③－ 1



(2)－③－ 2



(2)－③－ 3

- ④ 当量点でのビュレットの目盛りを滴定前と同様に読み取る。
- ⑤ ①～④を後2回繰り返す。このとき、ホールピペットは同様の液を用いるので共洗いしない。また、使用したビーカーの液は廃液用ビーカーに移し、水道水ですすいで洗った後、蒸留水で軽くすすぎ、濡れたまま共洗いをしないで用いる。過マンガン酸カリウム水溶液が足りなくなる可能性があるため、3回目を行う前に、マイクロビュレットに過マンガン酸カリウム水溶液を足し、目盛りを読み取ってから始める。
- ⑥ 下記のような表にまとめる。

	滴定前の目盛り a	滴定後の目盛り b	滴下量 $b - a$
1 回目			
2 回目			
3 回目			
平 均			

考 察

次の点などについて、考察させ、プリントに記入もしくは発表させる。

- ① 滴定の結果から、使用したビタミンC水溶液のモル濃度を求める。
- ② ①より、サプリメント1個に含まれるビタミンC量の質量を求める。
- ③ メスピペット、マイクロビュレット、ビーカー（プラスチックカップ）のうち、蒸留水で濡れたまま使用できるもの、共洗いが必要なものはそれぞれどれか。また、その理由は何か。
- ④ この実験で起こった反応を、化学反応式で表す。
- ⑤ この実験のヨウ素溶液を用いた場合どうなるか。
- ⑥ 計算値とサプリメントのパッケージに記載されているビタミンCの値に差が生じた場合、その原因は何か。

まとめ

以下の視点を参考に、まとめを行う。

- ① 結果から、清涼飲料水のビタミンCの濃度を求めることができた。
- ② ビュレットなどの実験器具の基本操作を身につけることができた。
- ③ 酸化還元反応と量的関係について理解が深まった。

後片付け

生徒に次のように指示する。

- ビュレットはそのまま回収する。
- 余った過マンガン酸カリウム水溶液や廃液はそのまま回収する。余ったビタミンC水溶液は流しに流す。
- 器具はビュレット以外を水道水で洗う。その際、割らないように注意すること。

失敗例

●状態 計算値と清涼飲料水に表示されている値とに大きな差ができた。

原因1 過マンガン酸カリウム水溶液の濃度が正しくなかった。

この場合、クラス全体でずれが生じる。時間が経過すると、過マンガン酸カリウムは光で分解され、濃度が低くなる。直前に調製するか、直前にシュウ酸による滴定を行う。

原因2 滴下量を多くした（当量点の時を過ぎてからも滴下してしまった）。

この場合、班ごとにばらつきが出る。当量点付近では、1滴ずつ滴下するよう気を付ける。

別 法

別法① 通常サイズで行う（中和滴定参照）

別法② 過マンガン酸カリウム以外の試薬を別なものを使用する。当量点で色が変わるものであれば何でもよい。

例) 二クロム酸カリウム水溶液

別法③ 他の溶液を滴定する。

例1) オキシドール（過酸化水素水）中の過酸化水素量を滴定によって求める。

例2) ビタミンC入り清涼飲料水中のビタミンCの濃度を滴定によって求める。この場合、一緒に含まれるクエン酸等の酸味料も還元性を示すことから、滴定結果から求められる量が、表示より多くなることがある。

例3) うがい薬（ポピドンヨード）中のヨウ素を滴定によって求める。この場合、正確な濃度が分かっている還元剤（チオ硫酸ナトリウム水溶液、ビタミンC水溶液など）で滴定する。ヨウ素が当量点で茶褐色から無色に変わるため、使用する還元剤は無色のものでよい。

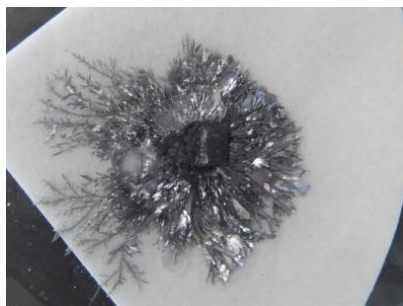
難易度	教材の入手日数	準備時間	実施時間
★★☆	1 カ月	2 時間	50 分

目的と内容

金属のイオン化傾向の大小を調べることで、酸化還元反応の理解を深めるとともに、日常生活とのかかわりを理解する

「物質の概念を導入し、反応に関与する物質の量的関係について観察、実験を行い、化学反応における物質の変化と量的関係を化学反応式で表すことができることを理解させること」がこの単元の主なねらいである。また、「酸化還元反応が電子の授受によって説明できることや、それが日常生活や社会に深く関わっていることを理解させること」がねらいである。

ここでは、金属の酸化還元反応として金属のイオン化傾向を取り扱う。Mg, Zn, Pb, H, Cu, Ag のイオン化傾向の大小を、金属イオンを含む水溶液と塩酸、単体との反応から考える。実験は、廃液量を減らすため、マイクロスケールで行う。また、ろ紙を用いた金属樹の形成を行う。



既習事項

小学校：6年生の「燃焼のしくみ」「水溶液の性質」
中学校：2年生の「物質の成り立ち」「化学変化」
3年生の「水溶液とイオン」

小学校ではろうそくの燃焼の実験を行い、ものが燃えるには酸素が必要で、燃焼後には二酸化炭素が生じることを学習している。また、スチールウールやアルミホイルを塩酸で溶かす実験を行い、金属を変化させる水溶液があることを学んでいる。

中学校2年生では、酸化や還元が酸素の関係する反応であること、酸化と還元が同時に起こることを学習している。酸化ではスチールウールの燃焼、還元では酸化銅と炭素の加熱実験を行っている。発展では二酸化炭素中のマグネシウムの燃焼も取り扱っている。

中学校3年生では塩化銅(II)水溶液の電気分解や2種類の金属(鉄、銅、亜鉛、マグネシウム)を使った電池の実験を取り扱っている。身の回りの電池として、マンガン乾電池と鉛蓄電池、燃料電池についても学習している。発展ではイオンのなりやすさが取り扱われている。

留意点

【指導面】

○金属の酸化還元反応と関連して、金属のイオン化傾向を取り扱う。イオン化傾向の大きい金属は、自身は酸化されやすく還元剤として働き、イオン化傾向の小さい金属は、自身は還元されやすく酸化剤として働く。イオン化傾向を単に暗記するのではなく、電子の授受から、酸化還元反応の一つとして理解させる。

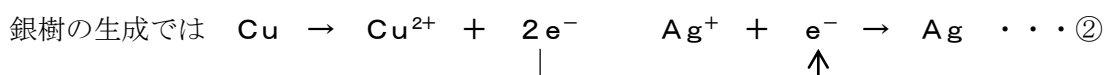
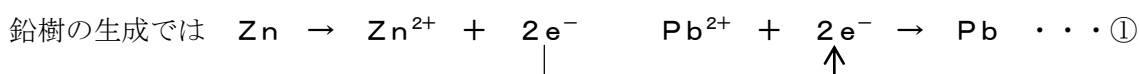
○酸化還元反応に伴って発生するエネルギーを電気エネルギーに変換する装置が電池である。電池は生徒にとって身近なものである。このことにも触れ、化学と日常生活や社会に関わっていることを感じさせる。

○金属の単体が、水溶液中で電子を失って陽イオンになろうとする性質を金属のイオン化傾向といい、イオン化傾向の大きいものから小さいものへと順に並べたものを、金属のイオン化列という。一般に、イオン化傾向の大きい金属は陽イオンになりやすく、反応性が大きい。

イオン化列	Li	K	Ca	Na	Mg	Al	Zn	Fe	Ni	Sn	Pb	H	Cu	Hg	Ag	Pt	Au
空気中での反応	乾燥空气中で速やかに酸化				乾燥空气中で徐々に酸化			湿った空气中で徐々に酸化						変化しない			
水との反応	常温で反応				熱水と反応	高温の水蒸気と反応			変化しない								
酸との反応	塩酸や希硫酸とも反応し水素を発生する。 ただし、Pbは塩酸や希硫酸とは表面に難溶性の塩を生じ、反応しにくくなる。											酸化力の強い硝酸や熱濃硫酸に溶ける。 Al, Fe, Niは濃硝酸や熱濃硫酸とは不動態を生じ反応しにくくなる				王水に溶ける	

○硝酸銀は高価であるので、金属樹の生成は鉛樹のみでもよい。銀樹と鉛樹両方、どちらか片方限定、どちらか生徒に好きな方を選ばせるなど、材料に応じて行う。

○今回の実験について。



の反応がそれぞれ起こっている。

また、「金属板と水溶液の反応」で使用する金属のイオン化傾向の大小は、 $\text{Mg} > \text{Zn} > \text{Pb} > \text{H} > \text{Cu} > \text{Ag}$ である。

試薬や金属は他のものにも変更可能であるが、反応しにくいものがあり、また、プレート上の反応の順番を変える場合にも注意が必要である（別法参照）。

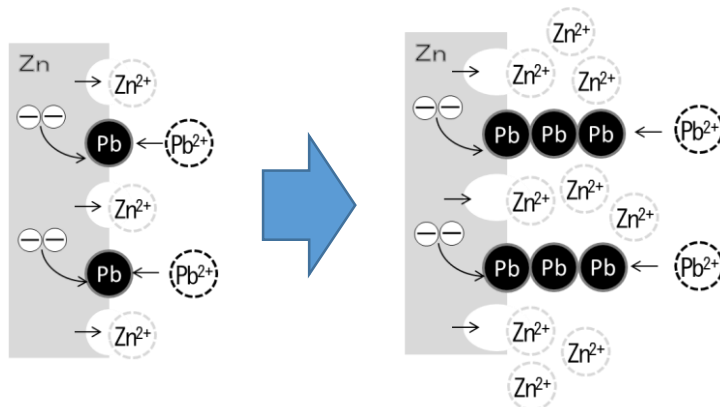
	AgNO_3	$\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$	MgSO_4	ZnSO_4	CuSO_4	HCl
Mg	+ (Mg > Ag)	+ (Mg > Pb)		+ (Mg > Zn)	+ (Mg > Cu)	+ (Mg > H)
Zn	+ (Zn > Ag)	+ (Zn > Pb)	− (Zn < Mg)		+ (Zn > Cu)	+ (Zn > H)
Cu	+ (Cu > Ag)	− (Cu < Pb)	− (Cu < Mg)	− (Cu < Zn)		− (Cu < H)

上記の結果より、 $Mg > Zn > Pb$ 、 $H > Cu > Ag$ となり、 Pb と H のイオン化傾向の大小はこの実験結果からは決めることができない。どのようにしたら、 Pb と H のイオン化傾向の大小を調べることができるか考察させるとよい。

この実験において、酢酸鉛(Ⅱ)水溶液、硫酸亜鉛水溶液、硫酸マグネシウム水溶液、硫酸銅(Ⅱ)水溶液は酸性であるため、マグネシウムや亜鉛とは酸として反応し、水素を発生する反応が金属析出の反応と同時に起こる。そのため、気泡が見られる。また、硫酸銅(Ⅱ)水溶液とマグネシウムの反応において、青白色沈殿の生成が見られることがある。これは、マグネシウムが酸である硫酸銅(Ⅱ)水溶液と反応し水素を発生する際、水酸化物イオンが生じ、この水酸化物イオンと銅(Ⅱ)イオンが反応し水酸化銅(Ⅱ) $Cu(OH)_2$ の青白色沈殿が生じたと考えられる。

金属樹とは、イオン化傾向の違いによって、金属の表面に別の金属が析出する際に見られる、樹枝状の結晶をいう。銀樹、銅樹、鉛樹、スズ樹などがある。今回は、鉛樹と銀樹を取り扱った。どちらもプレート上で行う実験に含まれている。

鉛樹は $Zn > Pb$ より、亜鉛が電子を放出し亜鉛イオンとなり、酢酸鉛水溶液に含まれた鉛イオンが電子を受け取り、単体となって析出する(①式)。この際、一度 Pb が析出すると、その部分からは Zn の溶解はおこらなくなる。一方、 Zn^{2+} の溶解している部分では、 Zn^{2+} の存在により、 Pb^{2+} はなかなか近づけない。したがって、 Pb の析出した同じ場所に、 Pb の析出が繰り返されることになるため、樹枝状に鉛の結晶が成長する。



銀樹は $Cu > Ag$ より、硝酸銀水溶液に含まれた銀イオンが電子を受け取り析出する(②式)。亜鉛と鉛イオンとの反応と同様に樹枝状に結晶が成長する。

【安全面】

- 保護めがねを着用させる。
- 手についたら水でよく洗うこと。
- 硝酸銀水溶液は服や被服につくと数分してから黒変する。これは、イオン化傾向の小さい銀イオンが有機物から電子を奪い銀が析出するためである。つまり、この際、服や皮膚は腐食されている。少量であれば問題はないが、注意は必要である。皮膚は新しい皮膚が形成されるので 10 日程度で黒色は落ちるが、服についた黒色は落ちない。
- 酢酸鉛(Ⅱ)は有毒で発がん性もある。皮膚や衣服につけないようにし、目や手についたら多量の水で洗い流す。

【後処理】

- 重金属イオンを含む水溶液もあるので、溶液は重金属廃液として回収し、廃液タンクに貯蔵する。このとき、含まれる金属をラベルに記入しておく。詳細は巻末資料参照。後に、処理資格を持つ専門の廃棄物処理業者に処理を委託する。マイクロスケールではなく実験を行った場合は、それぞれの金属に分けて回収、貯蔵すると廃棄費用の削減につながる。

- 金属片は回収し，燃えないゴミとして廃棄する。
- 金属樹を生成したろ紙は，ビニール袋に回収し，貯留しておき，専門業者に廃棄を委託する。

導 入

【ポイント】

- イオン化傾向の大小と酸化還元反応との関係に興味・関心を高める。
- 酸化還元反応が電子の授受であることを意識できるようにする。

【導入例】

- 金属樹の生成

生徒実験も兼ねてろ紙上に金属樹を形成する

- 中学校の既習事項である電池を見せる。

- ・人間電池
- ・ミカンやレモン，大根を用いた電池
- ・塩酸や食塩水と2種類の金属板（鉄，銅，亜鉛，マグネシウム）を用いた電池

◎準備

準備の流れ

1ヶ月前～

(発注, 調製, 代替の検討時間含む)

- ☐ 材料の準備
- ☐ 実験室の備品確認

～前日

- ☐ 材料の確認
- ☐ 金属板を小片に切る
- ☐ 金属塩水溶液等の調製
- ☐ マイクロプレートにラップを貼る
- ☐ 器具・教材の分配

当日

- ☐ 器具・教材の分配

必要な材料・器具・薬品

準備で必要なもの

マグネシウムリボン, 銅板, 亜鉛板, 硫酸マグネシウム七水和物 ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), 硫酸亜鉛七水和物 ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), 酢酸鉛(II)三水和物 ($\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$), 硫酸銅(II)五水和物 ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), 硝酸銀 (AgNO_3), 塩酸, 蒸留水, サンドペーパー, 金切りばさみ, メスシリンダー, ピーカー, ガラス棒

必要量 マグネシウムリボン 小片 5 個 (0.7cm) × () 班 = 小片 () 個 () cm

亜鉛板 小片 5, 6 個 (0.1 g) × () 班 = 小片 () 個 () g

銅板 小片 5, 6 個 (0.1 g) × () 班 = 小片 () 個 () g

12×50×0.5mm で亜鉛板は約 2.15 g, 銅板は約 2.64 g である。どちらも 1 枚から 100 枚以上とれる。

硫酸マグネシウム水溶液, 硫酸亜鉛水溶液, 硫酸銅(II)水溶液, 塩酸

0.5mL × () 班 = () mL

硝酸銀, 酢酸鉛

1.5mL × () 班 = () mL

当日必要なもの

[器具] マイクロプレートのふた, 食品包装用ラップ, ピンセット, ビニール袋, 点眼瓶 (各種水溶液用), プラスチックカップ (金属板用), ろ紙, 黒いペン (油性か水性顔料), ルーペ, プリント

[薬品] 上記各水溶液 (点眼瓶に入れる), 上記金属板 (プラスチックカップに入れる)

☆教材の入手方法

① マイクロプレート（セルプレート）24 穴（ふたつき）

理科消耗品カタログなどで購入可能 4 枚で 2,000 円程度

② ポリエチレンの袋（ろ紙 1/4 が入る大きさであればどのサイズでもよい。35×25cm のものであれば 1/2 にして使用）

100 円ショップなどで購入可能 35×25cm 60 枚で 108 円程度

③ 点眼瓶 10mL（各種水溶液用）

※なくてもよいが、実験の試料配付にあると便利です。

理科消耗品カタログなどで購入可能 10 個で 500 円程度

インターネットでも購入可能 100 個で 1,500 円程度

④ プラスチックカップ（金属板用）

※なくてもよいですが、実験の資料配付にあると便利です。

インターネットでも購入可能 本体 50 個で 450 円程度

ふた 50 個で 300 円程度

100 円ショップなどでも購入可能 ふたつき 7 個で 108 円

⑤ 黒いペン（油性か水性顔料）太字の物が使用しやすい。

100 円ショップなどで購入可能。1～3 本で 108 円

⑥ マグネシウムリボン

理科消耗品カタログなどで購入可能 25 g で 4,600 円程度

⑦ 亜鉛板

理科消耗品カタログなどで購入可能

12×50×0.5mm が 25 枚で 1,300 円程度から

⑧ 銅板

理科消耗品カタログなどで購入可能

12×50×0.5mm が 25 枚で 1,300 円程度から

ホームセンターでも購入可能。ただし、加工が必要になる。

約 100×365×0.5mm で 800 円程度

⑨ 各種金属塩

理科消耗品カタログなどで購入可能

種類によって値段は様々である。

硫酸亜鉛 ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) 500 g で 2,100 円程度

硫酸マグネシウム ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) 500 g で 1,600 円程度

硫酸銅 (Ⅱ) ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) 500 g で 2,700 円程度

酢酸鉛 (Ⅱ) ($\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) 500 g で 4,900 円程度

硝酸銀 (AgNO_3) は時価で高額である。

25 g で 8,500 円程度から。



①



②



③



④



⑥



⑦下 ⑧上

当日のセット

☆生徒用

[器具]

☐ マイクロプレートのふた	1 個
☐ 食品包装用ラップ	1 枚
☐ ピンセット	1 個
☐ ビニール袋	半分
☐ 点眼瓶 (各種水溶液用)	7 個
☐ プラスチックカップ (金属板用)	3 個
☐ ろ紙	1/4 枚
☐ 黒いペン (油性か水性顔料)	1 本
☐ ルーペ	1 個
☐ プリント	1 枚

[薬品]

☐ マグネシウムリボン	小片 5 枚
☐ 亜鉛板	小片 5, 6 枚
☐ 銅板	小片 5, 6 枚
☐ 0.1mol/L $\text{MgSO}_4 \text{ aq}$ 硫酸マグネシウム水溶液	点眼瓶 1 本
☐ 0.1mol/L $\text{ZnSO}_4 \text{ aq}$ 硫酸亜鉛水溶液	点眼瓶 1 本
☐ 0.1mol/L $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \text{ aq}$ 酢酸鉛(II)水溶液	点眼瓶 1 本
☐ 0.1mol/L $\text{CuSO}_4 \text{ aq}$ 硫酸銅(II)水溶液	点眼瓶 1 本
☐ 0.1mol/L $\text{AgNO}_3 \text{ aq}$ 硝酸銀水溶液	点眼瓶 1 本
☐ 2mol/L HCl 塩酸	点眼瓶 1 本
☐ 水	点眼瓶か洗 浄瓶 1 本

☐ マイクロプレートのふたは下敷きなどで代用できる。また、100 円ショップなどの簡易パレットやディスポ反応板でもよい。試験管でも良いが、その場合使用する溶液の量が増える。

☐ ラップはなくても可。ただし、ラップをするとプレートに色がつくのを防ぐことができる。

☐ ビニール袋はラップで代用可。下にラップを切り取って敷き、その上にろ紙を置き、操作が終わったらその上からラップを切り取って被せ、手で押さえて密着させる。

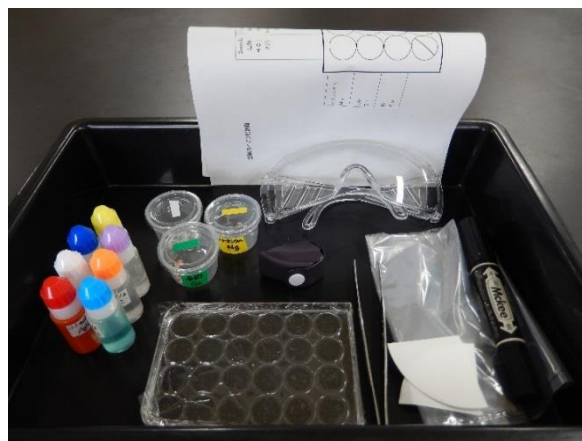
☐ 点眼瓶はビーカーなどで代用可。

☐ プラスチックカップはペトリ皿などで代用可。

☐ 黒いペンは銀樹作成に用いるため、鉛樹のみ行う際は使用しない。また、習字の墨で代用可。その際はあらかじめ塗っておき、完全に乾かしてから使用する。

☐ ルーペはなくても可。生物や地学で用いる実体顕微鏡で代用可。

☐ 金属板や各試料水溶液は他のものでも代用可。別法参照。



★教員用

☐ 生徒用と同じもの

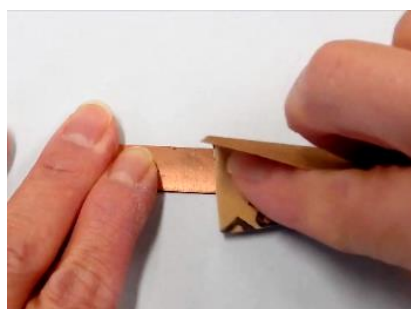
(1) 前日まで

○材料や器具の確認・調達を行う。

○金属板をサンドペーパーで磨き、小片に切る。

反応を進みやすくするため、サンドペーパーをかける。特に、金属板がさびている場合は、磨かないと反応が起こらない場合もある。その際、銅や亜鉛粉末は有害であるため、手袋をする方が望ましい。手袋を着用しない場合は作業終了後十分に手を洗う。小片に切るときは、次の図のように

切ると切りやすい。マグネシウムリボンは、はさみやニッパーでも切ることができるが、銅板や亜鉛板は金切りばさみがないと難しい。



切る前に磨く



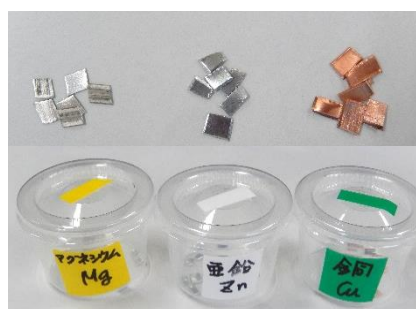
銅板 上：研磨前 下：研磨後



マグネシウムリボン 上：研磨前 下：研磨後



金切りばさみで切る



切った金属の小片

銅板と亜鉛板



↑ 先に細く縦方向に切り、それを4つ程度に切る。

マグネシウムリボン



切り方

○各種金属塩の 0.10mol/L 水溶液, 2.0mol/L 塩酸を調製する。

「必要な材料・器具・薬品」には目安量を掲載したが、廃液をなるべく少なくしたい場合は次の量を参考に調製する。

1 班が使用する金属塩水溶液の量は、硝酸銀 AgNO_3 水溶液と酢酸鉛(II) $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ 水溶液は金属樹生成での使用を含めると 30 滴程度、それら以外は 4 滴である。また、塩酸は 6 滴である。点眼瓶や試薬の種類にもよるが 1 滴 0.04mL 前後と考えて必要量を割り出す。

100mL 調製する際に加える各金属塩の質量を下記に記す。調製方法は、本来、溶質を加えて 100mL にするところであるが、定量実験ではないので、メスシリンダーに蒸留水を 100mL はかりとり、ビーカーに移し、そこに、溶質を加えてもよい。

- ・ 0.1mol/L 硫酸マグネシウム水溶液 $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ $M=246.48$ 2.46 g /100mL
- ・ 0.1mol/L 硫酸亜鉛水溶液 $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ $M=287.46$ 2.87 g /100mL
- ・ 0.1mol/L 酢酸鉛(II)水溶液 $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ $M=379.34$ 3.79 g /100mL
- ・ 0.1mol/L 硫酸銅(II)水溶液 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ $M=249.69$ 2.50 g /100mL
- ・ 0.1mol/L 硝酸銀水溶液 AgNO_3 $M=169.87$ 1.70 g /100mL
- ・ 2.0mol/L 塩酸 水 5 体積に濃塩酸 1 体積を加えて、6 倍に希釈する。このとき、100mL に調製するとき、水 83.3mL に濃塩酸 16.7mL となり、計量しにくいので、水 100mL に濃塩酸 20mL を加えて 120mL に調製するとよい。

○マイクロプレートのふたにラップを貼り付ける。

この作業は生徒にやらせてもよい。

(2) 実験当日

○材料や器具の分配を行う。



◎観察，実験

観察，実験の流れ

□導入（5分）

- ＊導入のポイント及び例を参照
- ＊目的を理解させる

□観察，実験（25分）

＊手順を指導する

- ・(1)の手順を説明する
- ・金属樹の作成
- ・(2)の手順を説明する
- ・金属板と水溶液の反応

＊安全面を指導する（留意点の安全面を参照）

- ＊机間指導を行いながら，生徒への実験のアドバイスや注意を促す

□実験のまとめ（5分）

□考察（10分）

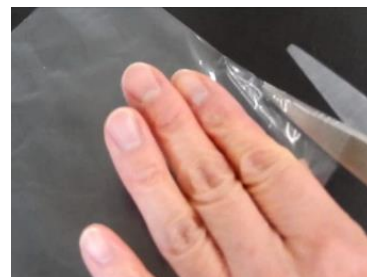
□後片付け（5分）

手順

時間のめど（およそ 20 分）

(1) 金属樹

鉛樹の作成のみ，銀樹の作成のみ，鉛樹と銀樹の両方作成のいずれか，状況に応じて行う（留意点の指導面を参照）。どちらを行うか生徒に選ばせてもよい。両方行う際は，半分に切ったビニール袋は1枚とし，ろ紙を二枚おいてそれぞれ行う。ろ紙は，水溶液が混じらないように，間隔を空けて置く。



(1)－①

【鉛樹の作成】

① ビニール袋の端を，一辺を残して切る。

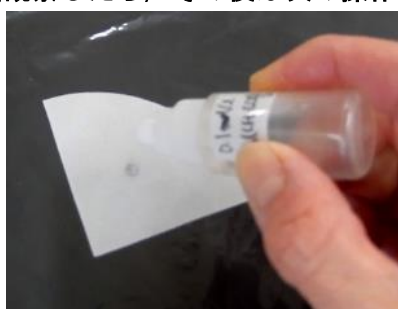
② ビニール袋をめくり，ろ紙を置き，ろ紙に酢酸鉛水溶液をろ紙全体が十分に湿るように(20滴程度)滴下する。亜鉛板をろ紙上に置きその上に酢酸鉛水溶液を5,6滴滴下する。ビニール袋をかぶせ，手で軽く押さえて密着させる。静置し，観察する。観察は肉眼でも観察できるが，ルーペや双眼実体顕微鏡を用いるとより詳細に観察できる。

ポイント！酢酸鉛水溶液はかけ過ぎることはないので，十分に滴下する。

ポイント！すぐに析出が始まるので，最初しばらく観察する。5分程度観察したら，次の操作に入り，10分後に再度観察したら，その後は次の操作終了後に観察でよい。



(1)－②－1



(1)－②－2



(1)－②－3



鉛樹約 10 分経過



鉛樹約 20 分経過

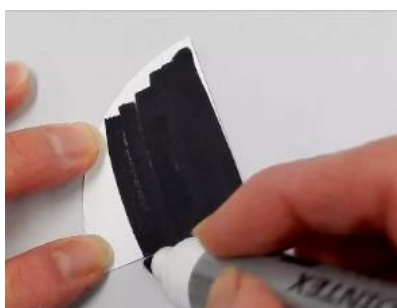


鉛樹約 30 分経過

【銀樹の作成】

- ③ ろ紙を黒く塗る。湿った感じがある場合は振るなどして乾かす。
- ④ ①同様ビニール袋の端を切り、ビニール袋の間に③のろ紙を置き、ろ紙上に硝酸銀水溶液を 15 滴ほど滴下する。銅片を置きその上に硝酸銀水溶液を 2, 3 滴下する。ビニール袋をかぶせて、手で押さえ硝酸銀水溶液がろ紙全体にいきわたるようにする。
- ⑤ 10 分～30 分観察する。

ポイント！黒く塗りつぶしたろ紙には水溶液が染み込まない。水滴状のままになるが金属片を置きビニールをかぶせる際に、その水滴が全体に広がるように指で押さえるようにする。



(1)－③



(1)－④－ 1



(1)－④－ 2



銀樹約 10 分後



銀樹約 20 分後



銀樹約 30 分後

(2) 金属板と水溶液の反応

- ① マイクロプレートのふたにラップを貼り、イオン化傾向プレートプリントの上に置く

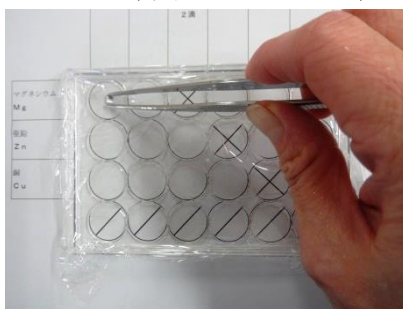


(2)－①－ 1



(2)－①－ 2

② マグネシウム，亜鉛，銅それぞれの金属片をプリントに従って置く。



(2)－②－1



(2)－②－2

③ 硝酸銀等の試薬を金属片に2滴ずつ滴下し，様子を観察する。下記表に反応の様子を書く。図を用いてもよい。酢酸鉛(Ⅱ)水溶液，硫酸亜鉛水溶液，硫酸マグネシウム水溶液は酸性であるため，金属との反応の際，金属の析出反応とともに，酸との反応で水素も発生するため，気泡が見られる場合もある。留意点参照。



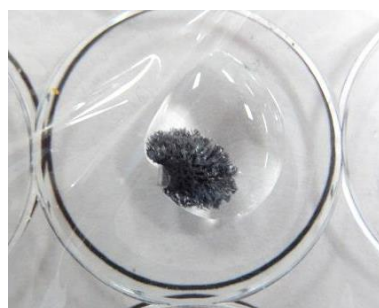
(2)－③－1



(2)－③－2



(例) 銅＋硝酸銀水溶液



(例) 亜鉛＋酢酸鉛水溶液



(例) 亜鉛＋塩酸

	AgNO_3	$\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$	MgSO_4	ZnSO_4	CuSO_4	HCl
Mg						
Zn						
Cu						

実験のまとめ

実験【金属板と水溶液の反応】の結果を確認する。

考 察

次の点などについて、考察させ、プリントに記入もしくは発表させる。

- ① 金属樹ができる仕組み。
- ② それぞれの反応を半反応式、もしくは、イオン反応式。
- ③ Mg , Zn , Pb , H , Cu , Ag のイオン化傾向の順番。
- ④ ③を決定する際、順番が決定できないところがあれば(Pb と H)、追加でどのような実験を行うと決定できるか。

後片付け

生徒に次のように指示する。

- 廃液は重金属を含むものが多いので、回収する。プレート上の廃液をビーカーなどにうつさせ、「後片付け用水」の入った点眼瓶もしくは洗浄瓶を用い、水を少量(点眼瓶であれば10滴程度)垂らし、プレートを回して洗い、その液も廃液として回収する。全てのクラスが終了したらキッチンで使用するコーナー網などを用いて金属を取り除き、金属と廃液に分けて貯蔵する。
- 金属樹を生成したろ紙は専用ゴミ袋に廃棄。
- マイクロプレートに貼り付けていた食料品用ラップはゴミ箱に廃棄する。
- マイクロプレートのふた、ピンセットは洗う。
- 点眼瓶、プラスチックカップはそのまま回収する。

失敗例

- 状態1 反応するはずの組み合わせで反応が起こらなかった。

原因 金属の表面に酸化皮膜が生じ、反応が起こらなかった。

サンドペーパーで磨いたり、酸で処理したりするなどして、表面の皮膜を取り除く。

- 状態2 硝酸銀水溶液や酢酸鉛水溶液を加えたところ白色沈殿が生じた。

原因 塩酸が混じった。

銀イオン Ag^+ や鉛(II)イオン Pb^{2+} は塩化物イオン Cl^- と反応し不溶性の塩化銀、塩化鉛を生じる。硝酸銀水溶液や酢酸鉛の反応と塩酸の反応を隣り合わせで行うと、塩酸と金属が反応し気泡が発生する際に塩酸が飛び散り、反応し白色沈殿を生じることがある。試験管で行う際は問題ないが、プレートなどで実験を行う場合は、銀イオン水溶液や鉛イオン水溶液と塩酸が隣り合わせにならないように配置するとよい。

別 法

別法① 他の金属や金属イオン水溶液を使用する。

ただし、次の点に注意が必要である。

- **Fe**は**Pb**よりイオン化傾向が大きいので、**Pb²⁺**を含む水溶液中に鉄の単体を浸すと**Pb**が析出するはずであるが、変化が確認できない場合がある。これは、鉄の表面が析出した鉛で覆われるため、反応が進まないのが原因と考えられる。
- **Al**はイオン化傾向の大きい金属であるが、アルミニウム片をアルミニウムよりイオン化傾向の小さい金属イオン水溶液に浸しても、変化が確認できない場合がある。これは、アルミニウムの表面に酸化被膜が生じていることが原因の1つとして考えられる。表面をよく磨くなどすることで改善できるが、金属片として使用するには難しいといえる。
- **Pb**は塩酸や硫酸と反応し、塩化鉛(Ⅱ)や硫酸鉛(Ⅱ)を生じるがこれらは水に不溶性のため、すぐに反応が止まる。よって、鉛を金属片として使用する場合、塩酸、硫酸ではなく硝酸にする必要がある。もしくは、**H**よりイオン化傾向が大きい鉛がなぜ反応しないのか考えさせてもよい。
- **Sn**と**Pb**とのイオン化傾向の差(標準電極電位の差)はごくわずかなため、反応が起こりにくい。
- 失敗例のように、塩酸の塩化物イオンと反応し、沈殿を生じるものもあるので、プレート上で実験を行う場合は、隣り合わせになる物に注意が必要である。
- 塩化スズ水溶液は使用する塩化スズが古いとほとんど水に溶けない場合がある。
- 銅樹を作成する際は、銅(Ⅱ)イオン水溶液の濃度を1mol/L程度にする。今回調製した0.1mol/L水溶液では、銅樹の生成を授業時間内で観察するのは難しい。

別法② 試験管を用い、金属板をつるすことによって、金属樹を作る。

別法③ 金属のイオン化傾向の大小を調べるために、どの組み合わせを行えば良いかを生徒に考えさせ、できるだけ少ない手数で決定できるようにする。

別法④ 電流の流れる向きを調べる。

金属板を、5%塩化ナトリウム水溶液または2%硝酸カリウム水溶液を浸したろ紙上に置き、検流計を用いて、電流の流れる向きを調べる。このとき、使用する金属板はできるだけ同じ大きさにする。(実験19酸化剤と還元剤の反応を参照)

別法⑤ 金属樹のしおりを作る。

金属樹が成長したら、キムワイプなどで水分を取り、ドライヤーで乾かす。それを、ラミネートフィルムにはさみ、ラミネーターでコーティングする。穴を開け、リボンを付ける。



巻末資料－観察，実験を行う上で

指導の留意点

1 事故防止

- ・実験室内では落ち着いて行動させる。
- ・分からないことは事前に質問させる。
- ・火の近くに可燃物は置かない。机上に不要な物を置かない。
- ・加熱機器は正しい使い方をする。保管箱・棚には、常に同じ場所に同じ物を置く。
- ・室内に消火器，消火用の砂を置く。
- ・廃液は決められた容器に入れる。

2 注意点（生徒向け）

(1) 実験を行う前の注意

- ① 実験の計画を練るとともに，目的，内容，方法を十分に理解しておく。
- ② 実験に使用する薬品や器具類は，事前に準備しておく。薬品や器具類の使用に当たっては，指導者の指示に従う。
- ③ 使用する薬品の取り扱い上の注意を理解しておく。
- ④ 使用する器具や計測機器などの正しい取り扱い方を理解し，十分に慣れておく。
- ⑤ あらかじめ，消火用の砂や消火器が置かれている場所を確認しておく。

(2) 実験中の注意

- ① 安全第一を心がけ，指導者の指示に従う。
- ② 薬品が飛び散ることなどを防ぐためにも，保護眼鏡，白衣，足の甲を覆う靴など，実験にふさわしい身だしなみを心がける。
- ③ ガラス器具は破損しやすいので，取り扱いに注意する。
- ④ 薬品は，直接手で触れたり，口に入れたりしない。
- ⑤ ホールピペットを扱うとき，試薬によって安全ピペットを用いる。
- ⑥ ガスバーナーを使うときには，燃えやすい物質などを近くに置かない。また，衣服や毛髪などに火がつかないように注意する。
- ⑦ 試験管を加熱する場合は，突沸することがあるので，試験管の口を人に向けない。また，加熱中は，試験管に顔を近づけない。
- ⑧ においをかぐときは，手で気体をあおぎよせてかぐ。
- ⑨ 有毒または悪臭のある気体は，必ずドラフト（通気室）内で扱う。
- ⑩ 薬品類は，必要以上に用いない。
- ⑪ 気分が悪くなったとき，器具を破損したとき，薬品をこぼしたときなどは，すみやかに指導者に報告し，指示を仰ぐ。
- ⑫ 事故の防止を心がける。
- ⑬ 机上は整理・整頓し，不要なものは置かない。
- ⑭ 分からないことがあったら指導者に質問する。

(3) 実験後の注意

- ① ガスバーナーは火を消し、ガスの元栓を必ず閉める。
- ② 薬品類などの廃液は最小限にとどめるように努め、流しに流さず、指導者の指示に従い、所定の容器に回収する。
- ③ 廃棄物は、ガラス、金属、可燃物などに分類して容器に入れる。
- ④ 使用した薬品、器具、測定機器類は、所定の場所に返却する。
- ⑤ 使用した器具の洗浄、机上やそのまわりの清掃を行う。

3 容器の洗浄

- ・試験管は、試験管ブラシに洗剤を付けて洗う。他のガラス器具は、ブラシやスポンジなどで洗った後、水で4～5回念入りにすすぐ。

4 片付け

- ・洗い終わったガラス器具は、水をよく切り、乾燥棚に置くか、乾燥機に入れて乾燥させる。
- ・実験で使った器具・試薬を所定の場所に戻して、流しや実験台の上を整理する。
- ・実験で出たゴミはその地域の分別方法のゴミ箱を設置し、そこに捨てるようにする。
- ・実験台に薬品が残っていることもあるので、実験終了後、雑巾で拭く。

5 事故が起こったときの応急処置

(1) 薬品が引火して燃えだしたとき

- ・ガス栓を閉じ、周辺の燃えやすいものを遠ざける。
- ・薬品が少量なら、それが燃えつきるのを待つ。
- ・薬品が多量の場合は砂をかけるか、消火器を使う。
- ・衣服に火がついたときは湿らせた雑巾などでたたいて消すか、床に転がってもみ消す。

(2) 火傷をしたとき

- ・患部をすぐに多量の冷水に入れて、十分に冷やす。

(3) 手を切ったとき

- ・ガラスによる傷の場合は、消毒したピンセットでガラスの破片を除く。傷口をきれいに消毒してから止血する。

(4) 酸やアルカリが皮膚や衣服についたとき

- ・水で十分に洗い流す。
- ・酸の場合は、炭酸水素ナトリウム溶液か薄いアンモニア水で中和して、水でよく洗う。
- ・アルカリの場合は、薄い酢酸溶液で中和して、水でよく洗う。
- ・目に入った場合は、多量の水で洗い流してから、医師の診断を受ける。

危険な薬品と事故防止のための留意点

化学の観察、実験で扱う主な薬品のうちで、主に毒物（毒）、劇物（劇）について取り上げた。

① 塩酸 HCl （劇）

濃塩酸は腐食性に富み、皮膚や衣類を侵すので、付着しないように気をつける。付着した場合は、すぐに水でよく洗う。また、揮発性があり、気体の塩化水素が生じる。塩化水素は、目や呼吸器の粘膜を侵すので、必ず保護めがねを着用するとともに、蒸気を吸い込まないように注意する。特に、希塩酸を調製するために、濃塩酸の保存容器のふたを開ける際は注意が必要である。

② 硫酸 H_2SO_4 （劇）

濃硫酸は強い脱水作用をもち、腐食性に富むため、皮膚や衣類を侵すので、必ず保護めがねを着用するとともに、付着しないように気をつける。付着した場合は、すぐに水でよく洗う。また、不揮発性であるため、希硫酸であっても、衣類についたままにしておくとぼろぼろになるので注意が必要である。また、水と混ぜると多量の熱を発生するので、希硫酸を作る場合は冷やしながら行う（詳細は調製方法参照）。

③ 硝酸 HNO_3 （劇）

強い酸化作用をもつ。皮膚や衣類に付着すると、やけどや腐食を起こすので、付着しないように気をつける。付着した場合は、すぐに水でよく洗う。揮発性があり、蒸気は目や呼吸器の粘膜を侵すので、必ず保護めがねを着用するとともに、蒸気を吸い込まないように注意する。光や熱で分解しやすいので、褐色瓶に入れて保存する。

④ 水酸化ナトリウム NaOH （劇）、水酸化カリウム KOH （劇）

潮解性（空気中に放置しておくと、次第に空気中の水分を吸収して溶ける）があるため、容器のふたはしっかり閉める必要がある。水溶液は強塩基性を示す。タンパク質を分解する作用が強く、皮膚や粘膜を腐食するので、必ず保護めがねを着用するとともに、付着しないように気をつける。付着した場合は、すぐに水でよく洗う。ガラスを腐食するのでプラスチック容器に保管する。

⑤ アンモニア水 NH_3 （劇）

揮発性があり、アンモニア臭と刺激性の蒸気を出すため、必ず保護めがねを着用するとともに、換気を充分に行い、吸い込まないように注意する。弱アルカリ性で、日常よく用いられるが、目に入ると失明のおそれもあるので注意が必要である。皮膚についたら多量の水でよく洗い流す。気体のアンモニアは引火性があるので火の近くでは取り扱わない。熱などでアンモニアの入った容器の中の圧力が高くなると、ふたを開けた瞬間にアンモニア水が飛び散ることがあるので、必ずゴム手袋をして、噴出に注意しながら開ける。

⑥ 過酸化水素 H_2O_2 （劇）

過酸化水素水の濃度は、薬局では3%、理科消耗品として購入する試薬は30%である。皮膚や粘膜を腐食するので、必ず保護めがねを着用するとともに、付着しないように気をつける。30%のものが皮膚につくと、ぴりぴりとした刺激とともに白斑が生じる。付着した場合は、すぐに水でよく洗う。不安定で酸素を出して分解しやすいので、密閉せず、遮光し冷暗所に保管する。過酸化水素水のビンには、発生した酸素で内部の圧力が高くなっていることがあるので、栓を開けるときは飛散に注意する。過酸化水素水のビンのふたは穴のある特別なものである。間違って普通のふたをしない。希釈したものは分解されやすいので早めに使用する。

⑦ メタノール CH_3OH (劇)

誤って飲むと中毒を起こし、多量の場合は失明し死亡することがある。また、揮発性があり、引火性があるので、火気のない冷暗所に、密封して保管する。アルコールランプの燃料として用いられるが、取り扱いが不安な場合はエタノールで代用できる。

⑧ ナトリウム Na (劇) , カリウム K (劇)

反応性が大きく、天然には化合物としてのみ存在する。空気中ではすぐに酸化され、水とは激しく反応し爆発することもある。そのため、水や空気に直接触れないよう石油中に保管する。直接手で触れると手の水分と反応し水酸化ナトリウムや水酸化カリウムとなり、手を腐食するので、決して直接手で触れない。触れた場合は、すぐに水でよく洗う。

⑨ 黄リン P (毒)

リンの同素体で、赤リンと黄リンがあるが、赤リンは無毒であるのに対し、黄リンはきわめて有毒である。口から入ると生命の危険がある。また、発火性があるので、水中に保管する。皮膚に付着すると激しい火傷となるので、決して直接手で触れない。また、ほんの少しでも実験台や器具に残っていても火傷等の危険があるので、取り扱いにはかなり注意が必要である。

⑩ ヨウ素 I_2 (劇)

結晶は紫黒色鱗状で、金属光沢があり、常温で揮発性があり、昇華しやすい。蒸気は赤紫色で刺激臭があり有毒である。密閉し、暗所にて保管する。皮膚への腐食性、感作性（免疫反応による皮膚のかぶれ）があるので、直接手で触れないこと。触れた場合は、すぐに水でよく洗う。また、金属を腐食するので、取り出す際はプラスチック製の葉さじ等を用いる。

⑪ 臭素 Br_2 (劇)

非金属単体のうち唯一常温で液体である。赤褐色の揮発性の液体で、蒸気は有毒で腐食性がある。低濃度でも眼や気管を激しく刺激し、生命の危険がある。決して蒸気を吸い込まないようにする。また、強い酸化作用を示す。

⑫ 硝酸銀 HNO_3 (劇)

硝酸銀水溶液が皮膚に付着すると、タンパク質凝固作用により、皮膚を腐食し黒変するので、付着しないようにする。皮膚の黒変は10日程度でとれるが、衣類の黒変はとれない。可燃物と混合すると発火、アンモニア水と混合すると時間が経過した後に爆発する可能性があるので注意が必要である。

⑬ 塩化バリウム BaCl_2 (劇)

目や手についたら多量の水でよく洗い流す。燃焼すると有毒な塩化水素ガスが発生するので注意する。

⑭ 硫酸銅(Ⅱ) (硫酸第二銅) CuSO_4 (劇) , 塩化銅(Ⅱ) (塩化第二銅) CuCl_2 (劇)

水生生物に対して非常に強い毒性があるので水には流さない。また、皮膚や衣服につけないようにし、目や手についたら多量の水でよく洗い流す。

⑮ 塩化銅(Ⅰ) (塩化第一銅) CuCl (劇)

水生生物に対して非常に強い毒性があるので水には流さない。また、皮膚や衣服につけないようにし、目や手についたら多量の水でよく洗い流す。空気中で緑色に、光で褐色に変化する。酸化剤、水分、光に接触させない。熱源や着火源から離れた通風のよい乾燥した冷暗所に保管する。

⑩ 酢酸鉛(Ⅱ) $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ (劇)

有毒で発がん性もある。皮膚や衣服につけないようにし、目や手についたら多量の水で洗い流す。二酸化炭素を吸収しやすいので密封して保存する。

⑪ クロム酸カリウム K_2CrO_4 (劇) 二クロム酸カリウム $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (劇)

粘膜に対して腐食作用を持つ。また、発がん性もある。皮膚や衣服につけないようにし、目や手についたら多量の水で洗い流す。6価クロムであるので、廃液は単独で分別、保管する。

⑫ フェノール $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ (劇)

皮膚を侵すので、目や皮膚につけないようにする。特に目に入ると危険である。目や手についたら多量の水で洗い流す。

⑬ アニリン $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$ (劇)

毒性があり、蒸気を吸入したり、皮膚から吸収したりすると中毒を起こす。

⑭ ホルマリン (40%ホルムアルデヒド) HCHO (劇)

蒸気を吸い込むと生命に危険である。皮膚につくと有毒で、発がんのおそれもあるので、つかないように注意する。目や手についたら多量の水で洗い流す。

⑮ 四塩化炭素, テトラクロロメタン CCl_4 (劇)

麻酔性があり、飲んだり、蒸気を吸ったり、皮膚についたりすると、有毒である。また、水生生物に対して強い毒性があるので水には流さない。

⑯ フッ化水素酸 HF (毒)

金属を腐食する。皮膚も腐食するので、目や皮膚につけないようにする。特に目に入ると危険である。目や手についたら多量の水で洗い流す。

⑰ 水銀 Hg (毒)

飲み込んだり、皮膚に接触したりすると、生命に危険である。また、水生生物に対しても強い毒性があるので水に流さない。廃液は単独で分別、保管する。

⑱ ベンゼン C_6H_6

引火性が高いので火気から遠ざける。蒸気には麻酔作用があるので吸入しないように気をつける。発がんの危険性がある。

⑲ 過マンガン酸カリウム KMnO_4

皮膚につくと着色し、目に入ると危険なので、つかないように気をつける。目や手についたら多量の水で洗い流す。また、水生生物に対して毒性があるので水に流さない。

廃液処理

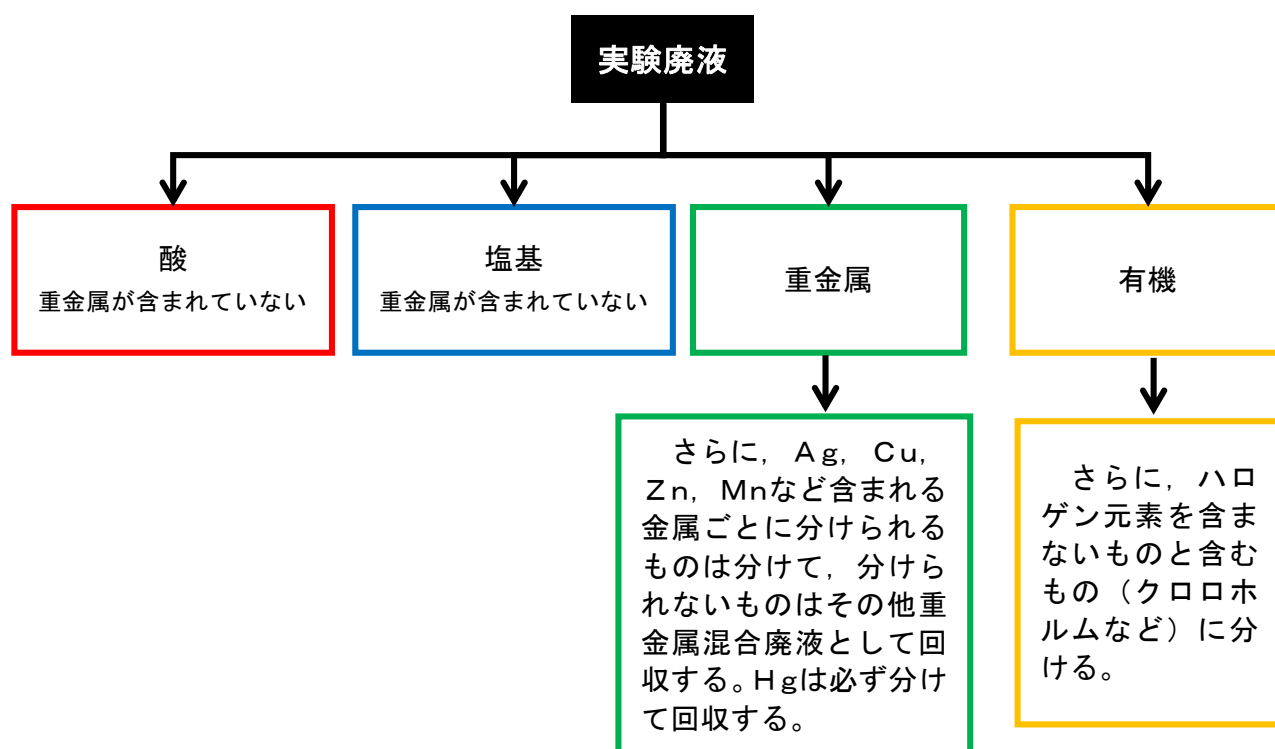
自然環境の保全という観点からも、実験などで生じた廃液については、実験終了後の後片付けの一環として、生徒自身の手によって別々の容器に分別して回収させることが望ましい。

1 分別について

回収の際は、ビーカーやポリバケツ等（こぼさないよう口の広い容器）にラベルを付け、生徒に分別させる。その後、教員が専用廃液タンクに貯蔵し、処理できるものは処理し、それ以外は専門業者に処理を委託する。貯蔵する際は、ポリタンクが望ましい。本来ペットボトルは誤飲の危険性から用いるべきではないが、諸事情により用いる場合は、必ず大きくラベルを貼り、後日、ポリタンクに移す。

廃液は、下図のように大きく4つに分ける。ただし、再利用や、処理費用の面から、重金属は含まれる金属ごとに分別しておくことが望ましい。重金属の混合廃液や有機廃液の混合廃液は含まれる薬品名を記載しておく。

化学基礎では使用することはあまりないが、水銀系、シアン系、6価クロム系、フェノール系、含ハロゲン有機系廃液はそれぞれに分別し、必ず専門の業者に廃棄を委託する。



2 処理について

(1) 酸・塩基廃液の処理

- ① 酸・塩基廃液を混合し、pH 試験紙やリトマス試験紙などを用いて pH を測定しながら中和し、pH が 6～8 になるようにする。混合液が酸性の場合は消石灰（水酸化カルシウム）などの塩基を加えて、塩基性の場合はクエン酸などの酸を加えて中和する。
- ② 沈殿が生じたら、数日放置し上澄み液を、多量の水を流しながら下水に流す。
- ③ 沈殿物は数日間放置して、蒸発乾固し、燃えないゴミとして捨てる。

(2) 重金属廃液の処理

方法1 蒸発乾固して、残った固体を集めて保管しておき、専門業に廃棄を委託する。

方法2 水酸化カルシウムや炭酸ナトリウムを加えて弱アルカリ性にして、金属イオンを沈殿させる。ろ液は(1)と同様に処理し、沈殿物は集めて保管しておき、(2)方法1と同様に専門業者に廃棄を委託する。

方法3 銀廃液において、銀が析出している場合は、ろ過して銀を回収し再利用する。ろ液は業者に廃棄を委託する。

(3) 有機廃液の処理

燃焼法などで処理できるものもあるが、専門業者に廃棄を委託した方がよい。



観察，実験を行う上での工夫

① 安全

- ・各班実験台の流しには、洗剤，薬用セッケンを常備する。教卓には、消毒液（オスバン，70%アルコールなど）を常備し，衛生面に配慮する。
- ・机上に雑巾などを常備し，薬品など汚れはすぐ拭き取るようにする。
- ・ピンセット，柄付き針など先端の尖っているものは，安全と器具保護のため，ビニール管やポリエチレン管を先端がはみ出ない適当な長さに切って付ける。

② 観察，実験の時間確保

- ・バットを用意し班毎に器具をまとめたものを持たせるか，班の机にあらかじめ配る。
- ・始業前に説明に必要な板書を済ませ，プリントは各班に配付する。
- ・必要な器具を判断させるため，バットだけを各班に渡し，それぞれの班員が実験に必要な器具を，不必要な器具もまとめられている所から探して集める。
- ・一定時間放置する手順がある場合は，始めの説明は最低限で済ませ，その時間に詳しい説明を加える。
- ・片付けを効率よくする。汚れが落ちにくい器具については，湯を張った大きな水槽を用意しその中に入れさせ，後でまとめて洗う。

※観察，実験前に，班毎に器具・教材・薬品の分配を済ませる。バットを購入しておくで各班で器具等をまとめられ，手際よく進めることができる。



③ 運用（あると便利なものなど）

ア 小ビーカー，マイクロチューブ，マイクロプレート

10mL 程度の小ビーカーやマイクロチューブがあると，使う薬品が少量で済むため便利である。

イ 金切りばさみ

金属片を切るとき，はさみやニッパーでも切れるものがあるが，あるとスムーズに準備ができる。

ウ プチボトル（点眼瓶）

指示薬などの試薬を入れるのに便利である。ただし，遮光ビンに入れるべき試薬も多いことから，長期的に使うことは避ける。

エ ふたつきプラスチックカップ（マヨネーズカップ）

固体試料の配付に便利である。大きさは様々あるが，10mL 程度のものと，30mL 程度のもの，2 種類用意しておくといよい。ただし，密閉はできないことから，プチボトル同様，長期的に使うことは避ける。

オ 色々な色のビニールテープ

ラベルとして色分けをすると間違えにくくてよい。



ウ



エ



オ

器具の取り扱い

1 ガスバーナーの使い方

(1) ガスバーナーの各部分名称



(2) 火のつけ方

- ① ガス調節ねじと空気調節ねじが閉まっていることを確かめる。さらに、コックが閉まっていることも確認する。
- ② ガスの元栓を開く（写真②の右が開いている状態）。
- ③ コックを開き、斜め下から火を近づけ、ガス調節ねじを弛めて火をつける。



①



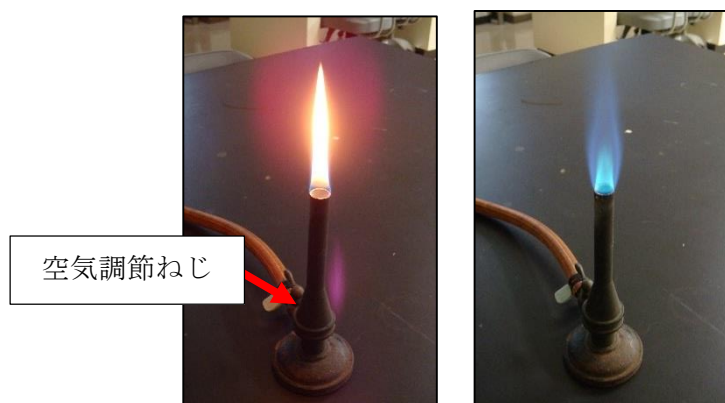
②



ガス調節ねじ

③

- ④ ガス調節ねじを動かさないように，空気調節ねじを弛めて，炎を調節する。



④－ 1

④－ 2

(3) 火の消し方

- ① 空気調節ねじを閉めて，空気を止める。
- ② ガス調節ねじを閉めて，ガスを止める。
- ③ コックを閉める。
- ④ 元栓を閉める。

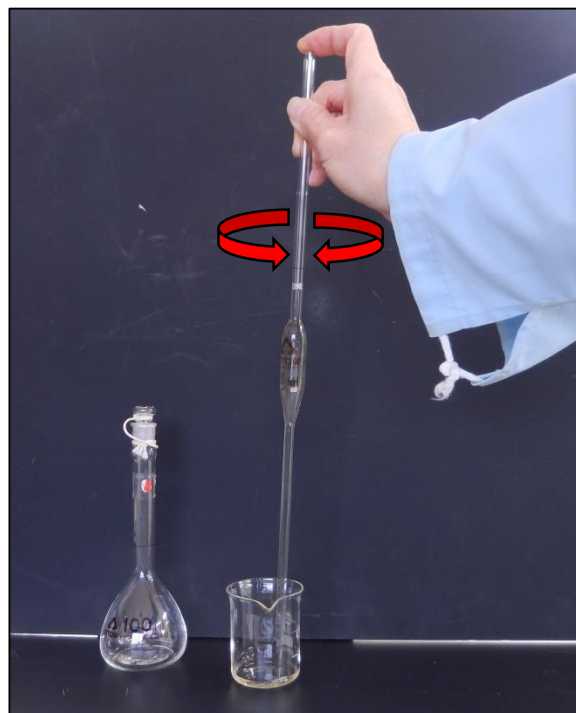
2 ホールピペットの扱い方

(1) 安全ピペッターを用いない場合

- ① ホールピペットの先端を液体に深く入れ、標線のより少し上まで液体を口で吸い上げる。このとき、ピペットを親指、中指、薬指でもつ（人差し指は使わない）。
- ② ホールピペットの上端を人差し指で素早くふさぐ。
- ③ ピペットを親指と中指で回すように動かして、余分な液を少しずつ落として、液面の最も低い部分（メニスカスの下側）を標線に合わせる。



①



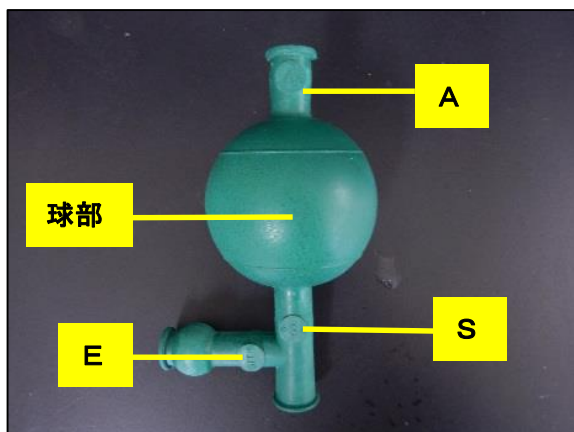
③

- ④ 先端を容器（受け器）の内壁につけ、人差し指をはなし、液体を流出させる。先端に残る液は、ピペットの口を指でふさぎ、球部を左手で握って中の空気を温め、空気の膨張で落とす。このとき、必ず先に口をふさぐ。逆にすると液は出てこない。その場合は、少しおいて温度を下げってから再び行う。



(2) 安全ピペッターを用いたホールピペットの扱い方

① ホールピペットに安全ピペッターを取り付ける



② Aをおさえながら、球部をつぶして中の空気を抜く。

③ ホールピペットの先端を液体に深く入れ、Sをおさえて液体を標線の少し上まで吸い上げる。

④ Eをおさえて余分な液をおとし、液面の最も低い部分（メニスカスの下側）を標線に合わせる。



②



③



④

⑤ 先端を容器（受け器）の内壁につけ、Eをおさえて液体を流出させる。先端に残る液は、Eをおさえたまま、もう一方の手でEの先端の穴をふさぎ、Eとその先端の間にある小さい球部を指でおして落とす。もしくは、(1)安全ピペッターを用いない場合と同様に、ホールピペットの球部を握って出してもよい。



⑤

3 ろ過器の扱い方

(1) ろ紙

① きめ

ろ紙は番号によりきめが異なる。番号の小さいほどきめが粗い反面、速くろ過できる。番号の大きいほどきめが細かく小さい粒子までろ過できる反面、ろ過に時間がかかる。粒子の大きさやろ過にかかる時間を考慮して選択するとよい。化学基礎においてろ紙を使用した実験は、定性実験のみなので1，2番で十分である。

② 大きさ

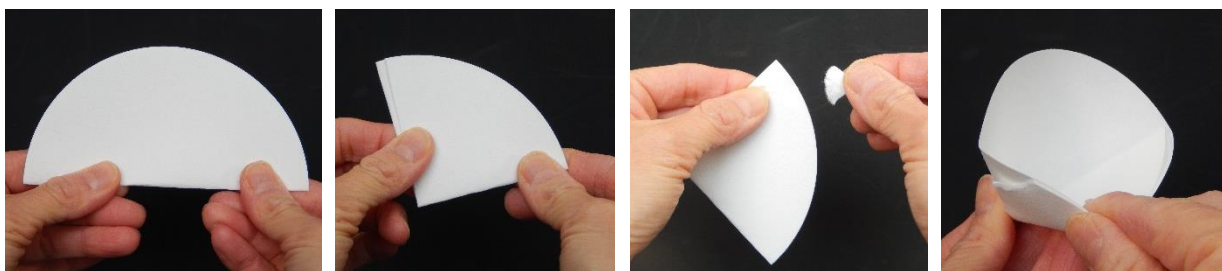
使用するろうとより一回り小さいサイズを使用する。合うものがなければ大きいものを切って使用してもよい。

③ 折り方

通常は4つ折りにする。ろ過にかかる時間を短縮させたい場合は、ひだ折にする。表と裏で面に違いのあるものはなめらかな面を内側にする。折る際は、手をきれいに洗う。また、不純物が付着する場合があるので、机上では折らない。

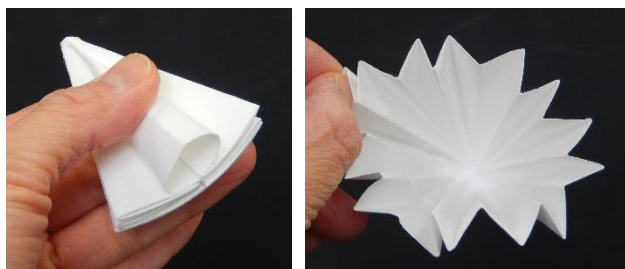
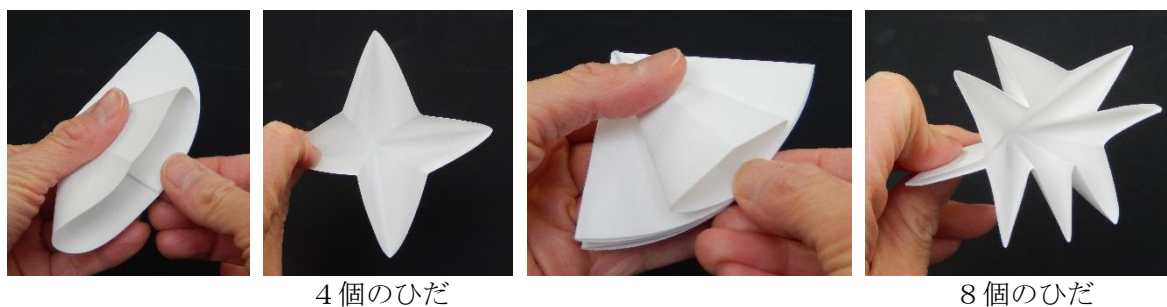
ア 4つ折り

半分に折り、さらに半分に折るときに少しずらして折り、重なった1辺の端を少しちぎるとろうとに密着しやすくなる。ただし、単に4つ折りでも十分である。



イ ひだ折

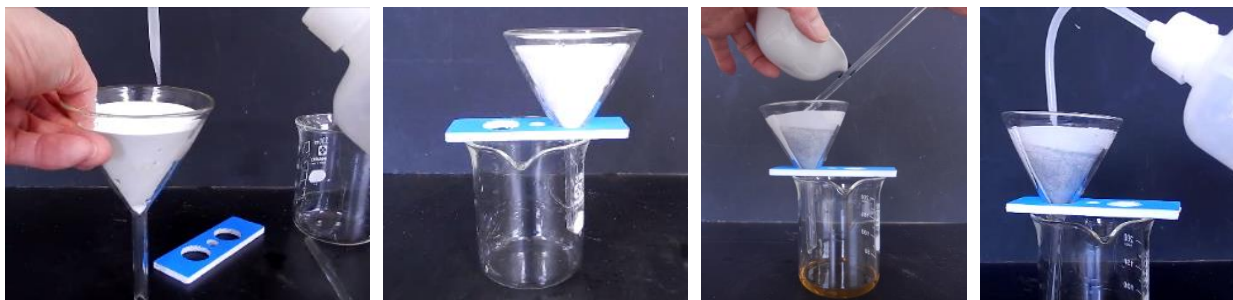
四つ折りにしたら、袋状の部分をつぶしながら折ると4個ひだができる。さらに、その4個のひだをつぶすように折っていくと8個ひだが、さらに同様に行うと16個のひだができる。折るときは、中心付近は軽く押さえる程度にする。何度も折り目を付けると中心が破けやすくなる。



16 個のひだ

(2) ろうと

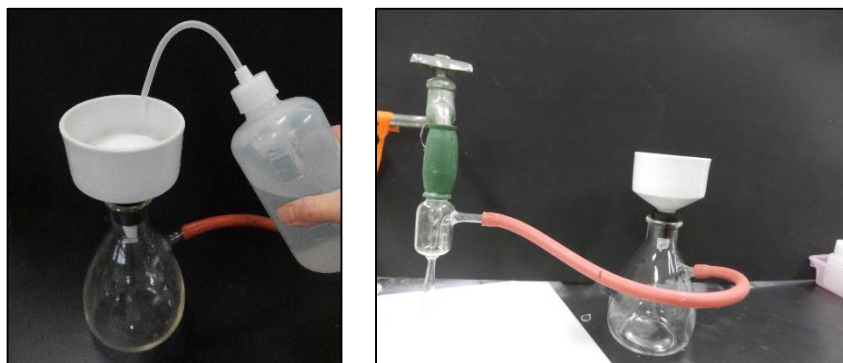
- ① ろ紙を溶媒で濡らして、ろうとに密着させる
- ② ろうとの足の長い方をビーカーの内壁につける。
- ③ 混合溶液をガラス棒を伝わせて、ろ紙の八分目程度まで入れる。
- ④ ろ紙上の沈殿に蒸留水をごく少量かけ、洗う。



(3) ブフナー吸引ろ過

- ① ブフナーろうとを吸引びんにはめ、吸引びんとアスピレーターをつなぐ。
- ② ブフナーろうとにろ紙を入れ、蒸留水で濡らし、アスピレーターとつないでいる水道の水を流して吸引する。使用するろ紙は、一回り小さいサイズから同サイズのものとする。大きいものは不可（隙間が生じる可能性があるため。表と裏で面の違いのあるものはなめらかな面を上にする。
- ③ ②のブフナーろうとに吸引しながら混合液を、ガラス棒を伝わせて入れる。
- ④ ろ過が終わったら、アスピレーターと吸引びんを外してから水を止める。

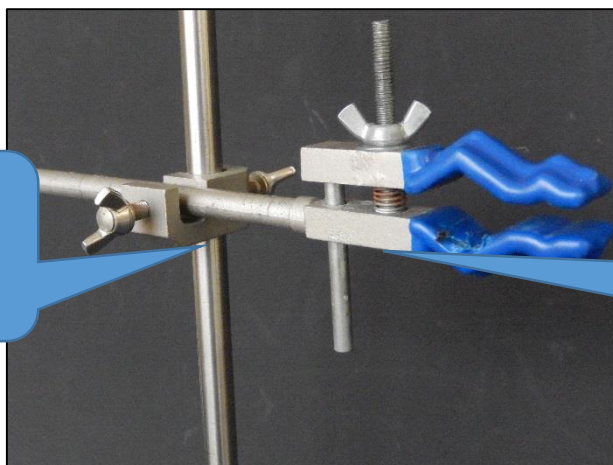
注意！先に水を止めると、水が逆流する場合がある。



4 スタンドの使い方

スタンドの支柱とはさみ（クランプ）を固定する部分（ムッフ）は、落下防止のため、空いている方を上にする。同様にはさみも柄に固定されている方を下にする。

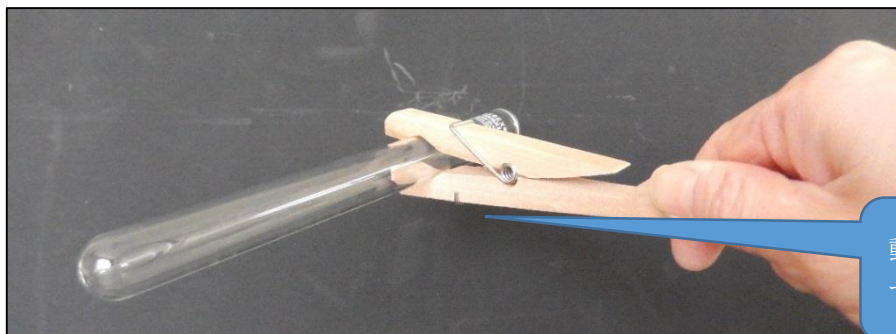
コの字の閉じた方が
下になるようにする



動かない方が下になる
ようにする

5 試験管ばさみ

スタンドのはさみと同様に，落下防止のため，柄に固定されている方を下にする。持つときは，柄を持ちはさみ部分には触れないようにする。不安になってはさみ部分を押さえる生徒が多いので注意が必要である。押さえるとかえって開いて試験管が外れてしまう。



動かない方が下になるように
する

巻末資料－調製

酸・塩基試薬

試薬 (分子量・式量)	%濃度	密度	モル濃度	調製方法	実験 番号
濃塩酸	約 37%	1.19g/cm ³	12mol/L	市販品をそのまま使用する。	
希塩酸 (HCl=36.5)			6mol/L	濃塩酸を等体積の水に加える。	
			3mol/L	濃塩酸 1 体積を 3 体積の水に加える。	
			2mol/L	濃塩酸 1 体積を 5 体積の水に加える。	17 21
			1mol/L	濃塩酸 1 体積を 11 体積の水に加える。	10
濃硫酸	96%	1.84g/cm ³	18mol/L	市販品をそのまま使用する。	
希硫酸 (H ₂ SO ₄ =98.1)			6mol/L	濃硫酸を等体積の水に加える。	
			3mol/L	濃硫酸 1 体積を 5 体積の水に加える。	
			2mol/L	濃硫酸 1 体積を 8 体積の水に加える。	19 20
			1mol/L	濃硫酸 1 体積を 17 体積の水に加える。	
濃硝酸	60%	1.38g/cm ³	13mol/L	市販品をそのまま使用する。	
希硝酸 (HNO ₃ =63.0)			6mol/L	濃硝酸 1 体積を 1.2 体積の水に加える。	
			1mol/L	濃硝酸 1 体積を 12 体積の水に加える。	
氷酢酸	99%	1.05g/cm ³	17.5mol/L	市販品をそのまま使用する。	
酢酸 (CH ₃ COOH=60.1)			6mol/L	氷酢酸 1 体積を 1.9 体積の水に加える。	
			1mol/L	氷酢酸 1 体積を 16.5 体積の水に加える。	
シュウ酸二水和物 (C ₂ H ₂ O ₄ ·2H ₂ O =126)			6mol/L	シュウ酸 75.6g を水に溶かし 100mL にする。	
			1mol/L	シュウ酸 12.6g を水に溶かし 100mL にする。	
			0.05mol/L	シュウ酸 0.63g を水に溶かし 100mL にする。	18 20
水酸化ナトリウム 水溶液 (NaOH=40.0)	20%		6.2mol/L	水酸化ナトリウム 20g を 80g の水に加える。	2
			1mol/L	水酸化ナトリウム 4g を水に溶かし 100mL にする。	10 11
			0.1mol/L	水酸化ナトリウム 4g を水に溶かし 1L にする。	18
濃アンモニア水	28%	0.90g/cm ³	15mol/L	市販品をそのまま使用する。	
アンモニア水 (NH ₃ =17.0)			6mol/L	濃アンモニア水 1 体積を 1.5 体積の水に加える。	
			1mol/L	濃アンモニア水 1 体積を 14 体積の水に加える。	

※上記の酸やアンモニア水の市販品の濃度が正確ではないので、希釈した溶液の濃度も正確にはできない。モル濃度も同様に正確な値ではなく、概算の数値である。

※希硫酸は、水を攪拌しながら少しずつ濃硫酸を加え、冷却後、試薬瓶に保存する。

※希硝酸は、光によって分解するので、褐色瓶に保存する。

※水酸化ナトリウム水溶液は、ゴム栓で保存。すりあわせのガラス栓だとくっついて開かなくなる。

検出用試薬

試 薬	濃度	作り方	実験 番号
フェノールフタレイン	1%	フェノールフタレイン 1 g を 95%エタノール 90mL に溶かし、水を加えて 100mL にする。	9 18
メチルオレンジ	0.1%	メチルオレンジ 0.1g を温水 100mL に溶かし、冷えてからろ過する。	
ブロモチモールブルー (BTB) 溶液	0.1%	ブロモチモールブルー 0.1g を 95%エタノール 20mL に溶かし、水を加えて 100mL にする。	
石灰水 (飽和水酸化カルシウム水溶液)	0.17%	水に過剰の水酸化カルシウム (水 100mL に 0.2g 以上) を加えてよく溶かし、静置し上澄みを使用する (20℃の溶解度 0.165g/100g 水)。	17
ヨウ化カリウムデンプン溶液		デンプン 0.1g に冷水 10mL を加えてよくかき混ぜながら煮沸する。このデンプン水溶液にヨウ化カリウム 0.1g を水 10mL に溶かした溶液を加える。 (ヨウ化カリウムデンプン紙は、この溶液にろ紙を浸して作る)	
デンプン溶液	1%	デンプン 1 g に水 10mL を加えてよくかき混ぜ、これを熱湯 100mL に加えて熱し、よく混ぜる。	
ヨウ素ヨウ化カリウム水溶液		ヨウ素 1 g とヨウ化カリウム 2 g を少量の水に溶かし、水を加えて 100mL とする。	
フェーリング液		A液：硫酸銅(Ⅱ)五水和物を水に溶かして 100mL とする。 B液：酒石酸ナトリウムカリウム 35g と水酸化ナトリウム 10g を水に溶かし 100mL にする。	

その他

本サポート資料の実験で使用する溶液のうち、酸・塩基と検出用試薬以外について以下の表にまとめた。

表に示すモル濃度の水溶液を 100mL 調製する場合、表の試薬量をはかりとり、水に溶かし 100mL にする。簡易方法として、表の試薬をはかりとり水 100mL に溶かす方法もある。（調製方法参照）

表に示す質量パーセント濃度の水溶液を 100mL 調製する場合、表の試薬と水をはかりとり、合わせる。

試薬	濃度	100mL (モル濃度) もしくは 100g (パーセント濃度) を調製する際に必要な試薬量	実験番号
過酸化水素水 $\text{H}_2\text{O}_2=34.0$	30%	試薬をそのまま使用する	
	3%	医薬品をそのまま使用する	
	0.3%	試薬 1mL と水 99mL 医薬品 10mL と水 90mL	19
硝酸カリウム水溶液 $\text{KNO}_3=101$	2%	硝酸カリウム 2g と水 98g	10
グルコース水溶液 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6=180$	1.5%	グルコース 1.5g と水 98.5g	11
硫酸銅水溶液 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}=250$	1mol/L	硫酸銅(Ⅱ)五水和物 25g	10
	0.1mol/L	硫酸銅(Ⅱ)五水和物 2.5g	21
クロム酸カリウム水溶液 $\text{K}_2\text{CrO}_4=194$	1mol/L	クロム酸カリウム 19.4g	10
過マンガン酸カリウム水溶液 $\text{KMnO}_4=158$	0.02mol/L	過マンガン酸カリウム 0.316g	19 20
ヨウ化カリウム水溶液 $\text{KI}=166$	0.1mol/L	ヨウ化カリウム 1.66g	19
硫酸鉄(Ⅱ)水溶液 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}=278$	0.1mol/L	硫酸鉄(Ⅱ)七水和物（硫酸第一鉄） 2.78g	19
ヘキサシアノ鉄(Ⅱ)酸カリウム水溶液 $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}=422$	0.1mol/L	ヘキサシアノ鉄(Ⅱ)酸カリウム三水和物（フェロシアン化カリウム） 4.22g	19
ヘキサシアノ鉄(Ⅲ)酸カリウム水溶液 $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6=329$	0.1mol/L	ヘキサシアノ鉄(Ⅲ)酸カリウム（フェリシアン化カリウム） 3.29g	
硫酸マグネシウム水溶液 $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}=246$	0.1mol/L	硫酸マグネシウム七水和物 2.46g	21
硫酸亜鉛水溶液 $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}=278$	0.1mol/L	硫酸亜鉛七水和物 2.78g	21
酢酸鉛(Ⅱ)水溶液 $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}=379$	0.1mol/L	酢酸鉛(Ⅱ)三水和物 3.79g	21
硝酸銀 $\text{AgNO}_3=170$	0.2mol/L	硝酸銀 3.4g	11
	0.1mol/L	硝酸銀 1.7g	21

調製方法

1 濃度について

本サポート資料では使用する溶液によって、モル濃度と質量パーセント濃度を用いている。

(1) モル濃度 [mol/L]

溶液 1 L 中に溶けている溶質の物質質量

$$\text{モル濃度 [mol/L]} = \frac{\text{溶質の物質質量 [mol]}}{\text{溶液の体積 [L]}}$$

よって、モル質量 M [g/mol] の薬品を a [mol/L], V mL 調製するとき、

$$\text{試薬を } \frac{aMV}{1000} \text{ [g] はかりとり, 水に溶かして全体を } V \text{ mL にする。}$$

(2) 質量パーセント濃度 [%]

溶液の質量に対する溶質の質量の割合

$$\text{質量パーセント濃度 [%]} = \frac{\text{溶質の質量 [g]}}{\text{溶液 (溶質 + 溶媒) の質量 [g]}}$$

よって、 b [%] の薬品を、 W [g] 調製するとき、

$$\text{試薬を } \frac{bW}{100} \text{ [g], 水を } W - \frac{bW}{100} \text{ [g] はかりとり合わせる。}$$

2 調製方法について

定量実験を行う場合、試薬の濃度は、厳密にしなければならないが、定性実験の場合、おおよその濃度で差し支えない。高等学校理科「化学基礎」において、より厳密な濃度が必要となるのは中和滴定と酸化還元滴定の実験である。

また、調製の際に使用する水は蒸留水を用いる。水道水は使用しない。

(1) より厳密な調製が必要な場合（滴定などの定量実験）

メスフラスコ、ホールピペット、電子天秤を用いる。また、潮解性、酸化されやすい、還元されやすいなど不安定な薬品は、正確な濃度に調製できないので、滴定を行うなどして、濃度を測定する必要がある。また、原料が液体のものも、薬品に記された濃度の精度が低いので、滴定して測定する。

【固体の試薬の場合】

- ① 計算で必要な溶質の質量や体積を求め、電子天秤を用いて正確にはかりとる。
- ② 必要な溶液の量のおおよそ 6 割（目分量でよい）の水（溶媒）を、ビーカーにとる。このとき、使用するビーカーは、調製する溶液の量より 1 サイズ大きいビーカーを用いる。
- ③ ②の水に①の溶質を加え、ガラス棒を用いてよく溶かす。
- ④ ③をメスフラスコに移す。使用したビーカーと攪拌に用いたガラス棒を、洗浄瓶を用いて少量の水で洗い、その洗浄液をメスフラスコに移す。これを、2, 3 回繰り返す。
- ⑤ ④のメスフラスコに水を少しずつ加えてはメスフラスコを回して攪拌を繰り返し行い、最後、水面の下（メニスカス）が標線と合うように水を加える。最後の微調節は、ビーカーに水を入れ、駒込ピペットを用いて正確に行う。溶解熱で温度が上昇した場合は、温度が下がってから、水を加えて、標線に合うようにする。
- ⑥ ④のメスフラスコに栓をして、栓を押さえながら逆さにして振り、よく混ぜ合わせる。

【液体の試薬の場合（正確に希釈はできるが、正確な濃度は確定できない）】

- ① ホールピペットで正確に薬品をはかりとり、メスフラスコに移す。このとき、濃硫酸のように溶解熱が大きい薬品は、固体の試薬の場合と同様に、ビーカーを用いて水に硫酸を加えて溶かしてから、メスフラスコに移す。使用したビーカーとガラス棒の洗浄液も同様に入れる。
- ② 溶解熱で温度が上昇した場合は、温度が下がってから、水を加えて、標線に合うようにする。

- (2) ある程度の厳密さが必要な場合（「化学変化と量的関係」など一部定量実験）
メスシリンダー、電子天秤を用いる。

【固体の試薬の場合】

- ① 必要な溶質の質量を計算で求め、電子天秤を用いてはかりとる。
- ② 必要な溶液の量のおおよそ6割程度（目分量でよい）の水をビーカーに取る。このとき、使用するビーカーは、作ろうとする溶液の量より1サイズ大きいビーカーを用いる。
- ③ ②に①の溶質を加え、ガラス棒でよく攪拌し溶かす。
- ④ ③をメスシリンダーに移し、(1)同様使用したガラス棒の洗浄液を加えた後、必要な溶液量になるように水を加える。

【液体の試薬の場合】

- ① 必要な溶質および必要な水の体積を、メスシリンダーを用いてはかりとる。
- ② ビーカーに①の水を入れ、溶質を、ガラス棒を伝えながら加え、よく攪拌する。
- ③ ②をメスシリンダーに移し、(1)同様使用したガラス棒の洗浄液を加えた後、必要な溶液量になるように水を加える。

- (3) おおよその濃度で十分な場合（定性実験 化学基礎の実験ではほとんどがこれに当たる）
この方法は、溶質を加えた際の溶液の体積変化を考慮しない方法である。

【固体の試薬の場合】

- ① 必要な溶質の質量を計算で求め、電子天秤を用いてはかりとる。
- ② 必要な溶液量と同量の水をメスシリンダーではかりとる。
- ③ ②をビーカーに移し①を加えてよく攪拌して溶かす。

【液体の試薬の場合】

- ① 必要な溶質および必要な水の体積を、メスシリンダーを用いてはかりとる。
- ② ビーカーに①の水を入れ、溶質を、ガラス棒を伝えながら加え、よく攪拌して溶かす。

- (4) 注意が必要な溶液の調製

- ① 溶解熱が大きい試薬

酸や塩基は水に溶かすと溶解熱により、発熱するものが多い。特に、硫酸は溶解熱が大きいので、硫酸に水を加えると加えた水が突沸し、硫酸と共に飛び散る危険がある。必ず、水に硫酸を加えるようにする。また、濃度が比較的大きい硫酸を調製する際は、水をはった水槽にビーカーを入れて冷ましながら調製作業を行うようにする。



- ② 潮解性がある試薬

水酸化ナトリウムなど潮解性のある試薬は手早く計量を行う。

＜目的＞ 孔雀石を還元して銅を取り出す。

＜準備＞

- 【器具】 ガラス棒、葉さじ、試験管、試験管立て、試験管ばさみ、ポリエチレン袋、脱脂綿、葉包紙、ろ紙、ガスバーナー、スタンド、マッチ、電子オルゴール、単3乾電池、電池ボックス、リード線（2本）、保護めがね
- 【薬品】 孔雀石（砕いたもの）

＜方法＞

- ① 試験管にポリエチレンの袋を入れ、ガラス棒で底に押し込む。
- ② 砕いた孔雀石を葉包紙に移し、①の試験管に入れる。
- ③ 試験管の口に脱脂綿を入れる。
- ④ 試験管の口を少し下げてスタンドに固定し、ガスバーナーに火をつけて加熱する。火の当たる中心が孔雀石の部分になるようにする。

注意！固体試料を加熱する場合は、液体が生じる場合があるため試験管の口が少し下になるように固定して行う。試験管の口を上にと、生じた液体が加熱部分に流れ、急冷されて試験管が破損する場合がある。

- ⑤ 孔雀石の色の変化を観察する。ポリエチレンが融解し液状になるが、それが試験管の底周辺では完全に見えなくなったら火を消す。

- ⑥ しばらくそのまま置き、冷ました後に、試験管ばさみで試験管をはさみ、試験管の内容物をろ紙上に取り出す。

注意！すぐに取り出すと取り出した銅が熱いため、ろ紙が燃焼する。

- ⑦ 取り出した内容物を葉さじでこすり、金属光沢を確認する。⑧の電気伝導性を確認する際に大きめの塊を使用したいので、粉末状のもの、もしくは小さめの塊を、ろ紙にバターを塗るように葉さじで力を加えてこすりつける。

- ⑧ リード線 1 → 電子オルゴール→リード線 2 → 電池（電池ボックス）→ リード線 3 とつなぎ回路を作り、内容物の中で少し大きめの塊を見つけ、端のリード線を塊に付け、オルゴールが鳴るかどうか確認する。

＜結果＞

- (1) 孔雀石の色の変化。
加熱前（ ）→途中（ ）→加熱後（ ）

- (2) 葉さじでこすったとき、どうなったか。

- (3) 電池と電子オルゴールにつなげたリード線の端を生じた物質に付けたとき、どうなったか。

＜考察＞

- (1) 結果(1)の色の変化から、どのような変化が起こったと考えられるか。

- (2) 結果(2)の葉さじをこすったときの変化から何がわかるか。

- (3) 結果(3)の電子オルゴールの結果から何がわかるか。

- (4) (1)～(3)よりわかることは何か。

- (5) 実験より、化学と人間生活とのかかわりについて考えよ。

＜感想＞

＜目的＞ 銅板から、銅板の亜鉛めっき、銅と亜鉛の合金である黄銅を作る。

＜準備＞

〔器具〕 ビーカー、蒸発皿、ピンセット、ろ紙、プラスチックカップ小、三脚、金網、ガスバーナー、
ゴム手袋、保護めかね

〔薬品〕 銅板、亜鉛粉末、20%水酸化ナトリウム水溶液、

＜方法＞

① 蒸発皿に亜鉛粉末を入れる。そこに約 20%水酸化ナトリウム水溶液を蒸発皿の半分以下になるように入れる。

注意！水酸化ナトリウムは皮膚を侵す。特に目に入ると失明する恐れがあるので、必ず保護めかねを着用する。手などについた場合はよく洗う。

② 亜鉛粉末の入った蒸発皿を金網の上に載せ、ガスバーナーで加熱する。火は弱火にする。

注意！ブクブク沸騰させると水酸化ナトリウムが飛び散るので、必ず弱火にし、沸騰したらガスバーナーを離すなどして調節する。また、加熱中、蒸発皿の中をのぞき込まない

③ 沸騰してきたら、銅板を一人 2 枚ずつ入れる。

④ 銅板が銀白色に変化するので、ひっくり返して両面とも銀白色になったら取り出し、水を入れたビーカーに入れて洗う。銅板に亜鉛粉末がついている場合は、水道水で洗い、粉末を取り除く。

注意！亜鉛は重金属なので、できるだけ水に流さないように注意する。

⑤ ④の二枚の銅板のうち 1 枚をピンセットでもち、ガスバーナーの火であぶり、色の変化を見る。金色になったら、すぐに火から離す。

注意！加熱直後の金属板は熱いので、触らない。

＜結果＞

(1) 銅片の色の変化（金属板を貼り付けてもよい）

反応前	亜鉛溶液中で加熱後	直火であぶった後

＜考察＞

(1) 結果(1)の色の変化から、銅板がどのような物質に変化していったと考えられるか。

(2) 実験より、化学と人間生活とのかかわりについて考えよ。

＜感想＞

実験 03 ナイロン66の合成～繊維の合成～

＜目的＞ 薬品から合成繊維を作り出す。

＜準備＞

【器具】 ビーカー（50mL）試験管，駒込ピペット，ガラス棒，ピンセット，保護メガネ，手袋
【薬品】 水酸化ナトリウム，ヘキサメチレンジアミン，ヘキサ（ビーカー入り），アジピン酸ジクロ
リド，エタノール，蒸留水

＜方法＞

注意！ヘキサンは有毒で，引火性もあるので，窓や戸を開け，換気扇を回すなど十分に換気を行う。ま
た，保護メガネと手袋を着用し，吸い込まないように注意をする。

- ① 50mL ビーカーに蒸留水を 20mL 入れる。この中に，水酸化ナトリウム 1 粒とヘキサメチレンジア
ミン 1 g を入れて溶かす。（A 液）
- ② ヘキサンの入っているビーカーに，駒込ピペットで 1 mL はかりとったアジピン酸ジクロリドを加え
て溶かす。（B 液）
- ③ A 液に B 液をガラス棒に伝わらせて静かに加える。
- ④ ③で A 液と B 液の境界面に生じる膜を，ピンセットで静かに引き上げ，試験管に巻き付ける。
- ⑤ できたナイロンをビーカーに入れたエタノールで洗ったあと，さらに水道水で洗い，乾燥させる。

＜結果＞ ④の様子を記入せよ。

＜考察＞ 合成繊維の利点は何だと考えられるか。

＜感想＞

実験O4 サインペンの色素の分離～パークロマトグラフィー～

＜目的＞ 混合物の分離方法の一つであるパークロマトグラフィーを用いて、サインペンの色素を分離する。

＜準備＞

- 〔器具〕 切った1L ペットボトル, ろ紙, 定規, 水性ペン (顔料以外), セロハンテープ
〔薬品〕 水道水

＜方法＞

- ① ろ紙の片側の端から2cm のところに鉛筆で線を引き (原線), その逆側3cm に折り目をつける。原線の真ん中にペンで点を打つ。展開した後は何色かわからなくなるように, 反対側にも点を打つ色を記す。
- ② ペットボトルの切り取った上部を逆さにし, その外側に, ①のろ紙を原線が下に垂れ下がるようにし, セロハンテープで貼る。このとき, 試しにペットボトルの下にセットし, ろ紙が底や壁につかないかどうか確認する。つく場合は, 調節してつかないようにする。
- ③ ②をペットボトルの下にセットした状態で, ろ紙の下端と原線との間に水位がくるように線を引く。セットしたペットボトルの上部を取り外し, ペットボトルの下に, 水位の線まで水を入れる。このとき, 内壁に水がつかないように静かに入れる。
- ④ ③を②のペットボトルの下に静かにセットする。このとき, ろ紙がペットボトルの内壁に触らないようにする。
- ⑤ 展開していく様子を観察し, 30 分程度静かに置く。30 分経ったらろ紙を静かに引き上げ, 前線を鉛筆で記す。

＜結果＞ 分離の様子を書け。ろ紙を貼り付けてもよい。

＜考察＞

- ① 分かれた色素の位置から分かることは何か

- ② ペーパークロマトグラフィーは物質のどのような性質を利用して分離する方法か。

＜感想＞

＜目的＞ しょう油から食塩を分離し，混合物の分離方法を身に付ける。

＜準備＞

〔器具〕 丸底蒸発皿，三角架，平底蒸発皿，金網，ガラス棒，ろうと，ろ紙，ろうと台

 ピーカー，駒込ピペット，三脚，ガスバーナー，着火剤，軍手，保護メガネ

〔薬品〕 しょうゆ，蒸留水

＜方法＞

① 駒込ピペットでしょう油 3mL を量り取り，丸底蒸発皿に移す。

② 三脚に三角架を乗せ①の蒸発皿をのせて加熱し，変化を観察する。煙が出なくなるまで加熱し続け完全に焼く。このとき，発火することもあるが慌てず火が消えるのを待ち，加熱を続ける。

ポイント！加熱が不十分だときれいな塩化ナトリウムの結晶が得られないので，完全に煙が出なくなるまで十分に加熱する。

注意！加熱により飛び散ることがあるので顔を近づけてのぞき込まない。

③ 火を止めた後 1 分以上そのまま置き冷ます。軍手をつけて蒸発皿を下ろし，蒸留水を 10mL 程度加える。ちょうど焦げたしょう油部分まで水を加えると約 10mL である。ガラス棒でよくかき混ぜ含まれる食塩を十分に溶かす。

注意！蒸発皿は熱くなっているのでそのまま十分に冷まし，触る際は軍手を着用すること。すぐに机上に置くと急冷され蒸発皿の破損にもつながる。

④ ③をろ過する。

⑤ ろ液を平底蒸発皿に移し，穏やかに加熱し水を蒸発させる。

注意！食塩が飛び散るので気を付ける。

＜結果＞

(1) ②のしょう油の加熱による変化を書け。

(2) ⑤のろ液を加熱して得られた物質の様子を書け。

＜考察＞

(1) 得られた物質が食塩かどうか確かめるにはどうしたらよいと考えられるか。

(2) この実験では，しょう油に含まれる成分のどのような性質を用いて分離を行ったと考えられるか。

＜わかったこと＞

＜感想＞

＜目的＞ 7つの試料に含まれる金属元素はそれぞれ何か、炎色反応を用いて調べる。

＜準備＞

【器具】綿棒，ピーカー，着火剤，粘土，濡らした布巾，保護メガネ

【薬品】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CaCl₂
硝酸ストロンチウムSr(NO₃)₂，塩化バリウムBaCl₂，塩化銅(Ⅱ)CuCl₂，エタノール，
蒸留水

＜方法＞

- ① 試料にごく少量の蒸留水を加える。
- ② 綿棒をエタノールに浸す。
- ③ 粘土で台を作る。
- ④ エタノールに浸した綿棒に①の各試料を付ける。
- ⑤ 綿棒の試料がついていない側を粘土の台にさして固定する。
- ⑥ 綿棒に火を付けて炎の色を観察する。

注意！やけどに**注意**する。**綿棒の燃えカスはマッチの燃えカス入れに入れる。**
ポイント！分かりにくい**試料は複数同時に並べて火をつけて，色を比べる。**

＜結果＞

- (1) それぞれの試料の炎の色は何色だったか，記入せよ。

試料	A	B	C	D	E	F	G
炎の色							
化学式							
試料							

＜考察＞

- (1) 結果からそれぞれどの試料であったかを考え，表に記入せよ。

- (2) この実験では，物質のどのような性質を用いて，元素の確認を行ったと考えられるか。

＜わかったこと＞

＜感想＞

＜目的＞炭酸水素ナトリウムの成分元素を調べる。

＜準備＞

〔器具〕試験管，試験管立て，薬さじ，気体誘導管，着火剤，薬包紙，綿棒，スタンド，ガスバーナー，保護めがね

〔薬品〕炭酸水素ナトリウム，石灰水，エタノール，塩化コバルト紙

＜方法＞

① 薬さじ大 1 の炭酸水素ナトリウムをろ紙上に取り，試験管に入れ，気体誘導管の着いたゴム栓をする。

② ①の試験管を試験管の口が少し下になるように固定する。

注意！固体試料を加熱する場合は，液体が生じる場合があるため試験管の口が少し下になるように固定して行う。試験管の口を上にと，生じた液体が加熱部分に流れ，急冷されて試験管が破損する場合がある。

③ 誘導管の先を石灰水にいれ，ガスバーナーに火を付けて試料の部分を穏やかに加熱し，変化を見る。

④ 気体が発生し，石灰水が白濁したら誘導管を取り出す。

⑤ 試験管の口の部分に水がたまったらガスバーナーを消す。

注意！気体誘導管を必ず石灰水から出してから火を消す。入れたまま火を消すと試験管内の気体の体積が温度変化によって小さくなり，石灰水が逆流し，急冷により試験管が破損する場合があります。

⑥ 冷ましたら，ゴム栓を外し，塩化コバルト紙をピンセットではさみ，口付近の液体につけて色の変化を見る。

注意！試験管の加熱部分は冷めにくいのでやけどに注意すること。

⑦ 綿棒の片側をエタノールに浸す。炭酸水素ナトリウムを少量薬包紙に取り，エタノールに浸した綿棒に炭酸水素ナトリウムをつけてから火を着け炎色反応を確認する。

＜結果及び考察＞

(1) 石灰水はどのように変化したか。また，その原因は何か。

(2) 塩化コバルト紙は何色から何色になったか。また，その原因は何か。

(3) 炎色反応の色は何色か？

(4) (1)～(3)より炭酸水素ナトリウムに何の元素が含まれていることがわかるか。

(1)

(2)

(3)

＜わかったこと＞

＜感想＞

＜目的＞ 2-メチル-2-プロパノールの温度変化による三態変化とヨウ素の昇華を観察し、粒子の熱運動と状態変化の関係を確認する。

＜準備＞

【器具】 500mL ビーカー、100mL ビーカー（乾いたもの）、100mL 丸底フラスコ、ペトリ皿、チャック付き袋 50mm×70mm、たこ糸、プラスチックスプーン、割りばし、三脚、金網、ガスバーナー、着火剤、保護メガネ

【薬品】 2-メチル-2-プロパノール、ヨウ素、氷

＜方法＞

- (1) 2-メチル-2-プロパノールの状態変化
- ① 500mL ビーカーに水道水を 100mL 程度入れ、ガスバーナーで湯を沸かし始める。
 - ② チャック付きビニール袋に 2-メチル-2-プロパノールを入れ、なるべく空気が入らないようにしてチャックを閉じる。
 - ③ ペトリ皿に氷を敷き、②の袋を氷の上に置き、様子を観察する。液体部分が氷に当たるようにする。

- ポイント！ガスバーナーの近くで行うとなかなか凝固しないので、少し離れたところで行う。**
- ④ 固体になった 2-メチル-2-プロパノールを手で温める。
 - ⑤ ④のビニール袋の上隅にある穴にたこ糸を通して輪を作って結び、割りばしにかけろ。①の水道水が沸騰したら火を止め、ひもを通してビニール袋をその中に入れ様子を観察する。
 - ⑥ ビニール袋がいっぱい膨らんだら割りばしを持ち上げてビニール袋を湯から上げ、様子を観察する。

ポイント！膨らんでもなお湯につけておくと、気体が漏れ始めるので、膨らんだらすぐに引き上げる。

(2) ヨウ素の昇華

- ① (1)2-メチル-2-プロパノールの状態変化で使用した氷をとけ出した水ごと、氷の入っていたビーカーに入れ、50mL 程度になるように水を加える。
- ② 乾いた 100mL のビーカーに、ヨウ素を、プラスチックスプーンでごく少量（米粒 1/2 程度）とろ。
- ③ 丸底フラスコに①の氷水をフラスコの球部分の半分程度まで入れ、②のビーカーの上に置く。
- ④ ③を金網の上に置き、ガスバーナーの弱火で加熱する。

ポイント！強火で加熱すると昇華せず液体になる場合がある。

- ⑤ ヨウ素が気体になったら火を止め、ビーカー内の紫色の気体がほぼ見えなくなったら丸底フラスコの底を観察する。

＜結果＞

- (1) 2-メチル-2-プロパノールの、それぞれ状態での変化の様子を書け。

氷に当てたとき
手で暖めたとき
湯に入れたとき
湯から引き上げたとき
(2) ヨウ素の変化の様子を書け。

＜考察＞

- ① なぜ凝固、融解、蒸発、凝縮が起こると考えられるか。熱運動と分子間力の関係から考える。

- ② 物質によって沸点が異なる理由は何だと考えられるか。

＜わかったこと＞

＜感想＞

実験 09 ナトリウムの性質～アルカリ金属元素～

＜目的＞ ナトリウムの性質を調べ、アルカリ金属元素の特徴を確認する。

＜準備＞

【器具】 ビーカー、ろ紙、試験管、カッター、ピンセット、ゴム栓、着火器具、保護めがね

【薬品】 ナトリウム、蒸留水、灯油

＜方法＞

(1) 硬さ、空気との反応性を確かめる

ろ紙を2枚重ねて、その上にナトリウム片を取り出し、ピンセットで押さえながら、カッターナイフで切り、切り口を観察する。

(2) 水との反応 I

- ① ビーカーの底にろ紙を敷き、ろ紙が十分に湿るように蒸留水をかけ、余分な水を捨てる。
- ② 米粒大のナトリウム片をピンセットで取り出して、ビーカーのろ紙上に置き、すぐに別のろ紙でビーカーの口にのせて蓋をして、変化を観察する。

注意！白煙は水酸化ナトリウムもしくは酸化ナトリウムと考えられる。吸い込むと危険なので必ずろ紙で蓋をし、白煙が収まってから蓋を外す。

(3) 水との反応 II

- ① 試験管の1／4程度まで蒸留水を入れ、米粒大のナトリウム片をピンセットで入れ、ゴム栓の径の大きい側を下向きにして、試験管の口にのせて反応を観察する。
- ② Naがすべて反応したら、マッチに火をつけ、ゴム栓を取り、試験管の口に近づける。
- ③ ②の試験管の中にフェノールフタレインを1，2滴加えて、色の変化を見る。
- (4) 灯油と水の2層の液でのナトリウムの反応
 - ① 試験管の1／4程度まで蒸留水を入れ、ほぼ同量の灯油を加え、水と灯油の2層溶液にする。
 - ② ①にナトリウム片を入れるとどうなるか予想する。

予想

③ ①に米粒大のナトリウム片を入れ、様子を観察する。

ポイント！ナトリウム片が試験管の内壁に張り付いてしまうことがある。試験管を揺らしたり、ガラス棒でつついたりして、内壁から離すようにする。

＜結果＞ (1)～(4)の様子を書け。

(1)	
(2)	
(3)	マッチを近づけたとき
	フェノールフタレインを加えたとき
(4)	

＜考察＞

- ① ナトリウムを切ったときの様子からわかる性質は何か。
- ② (3)②の結果から、発生した気体は何で考えると考えられるか。
- ③ フェノールフタレインを入れた結果からわかることは何か。
- ④ ②と③より、水とナトリウムの反応を化学反応式で表せ。
- ⑤ 灯油と水2層中での反応を説明せよ。
- ⑥ この実験からわかる、アルカリ金属元素の性質をまとめる。

＜わかったこと＞

＜感想＞

____年 組 番 氏名

実験 10 酸・塩基・クロム酸銅(Ⅱ)の電気泳動～陽イオンと陰イオン～

＜目的＞ イオン結合でできた物質の電気泳動を行い、陽イオンと陰イオンの移動から、静電的な引力による結合であることを理解する

＜準備＞

【器具】 電源装置、導線、目玉クリップ、スライドガラス、各サイズろ紙、万能 pH 試験紙、

ピンセット、はさみ、保護めがね

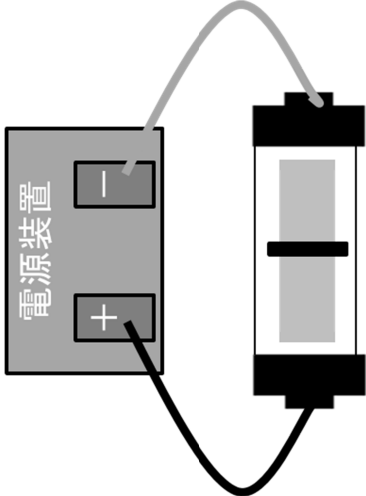
【薬品】 2％硝酸カリウムKNO₃水溶液、塩酸HCl、水酸化ナトリウムNaOH水溶液、

クロム酸銅(Ⅱ)CuCrO₄

＜方法＞

(1) 塩酸の電気泳動

- ① 電源装置のコンセントを差し、プラスに赤い導線、マイナスに黒の導線を差し込む。
- ② ろ紙を敷き、スライドガラスを置きその上へろ紙を重ねる。そのろ紙に、硝酸カリウム水溶液を全体が十分にしめるようにかける。



- ③ ②の両サイド（短い方の辺）に目玉クリップをつけ、その目玉クリップに、導線をつなげる。
- ④ 万能 pH 試験紙をスライドガラスの中央に来るように置き、湿りが足りないようなら硝酸カリウム水溶液をかける。
- ⑤ 一番小さな紙をさらに細く切り、1／4サイズのろ紙上で塩酸を垂らし、余分な塩酸をろ紙で拭き取ったら、④の万能 pH 試験紙の中央にそれを置く。
- ⑥ 電源装置のボリュームを上げて、10Vになるようにし、観察する。

(2) 水酸化ナトリウム水溶液の電気泳動

- (1)塩酸の電気泳動と同様にし、塩酸ではなく水酸化ナトリウム水溶液を細く切ったろ紙に垂らしで行う。

注意！水酸化ナトリウム水溶液は、粘膜を溶かすので目に入ると危険である。手に付いた場合は、すぐに十分に水で洗うこと。

(3) クロム酸銅(Ⅱ)の電気泳動

- ① (1)①、②と同様。
- ② ②の長い辺に目玉クリップを付ける。電極間の距離を小さくすることにより、電流が大きくなり、短時間で電気泳動を確認できる。
- ③ クロム酸銅(Ⅱ)の小さな塊を、ろ紙の中央に置き、電源装置のボリュームを上げて、10Vになるようにし、観察する。

＜結果＞ それぞれの電気泳動の結果を書け。

(1)
(2)
(3)

＜考察＞

① 塩酸の電気泳動の結果（pH 試験紙の色の変化）から、何イオンがどちらの極に向かって移動したことが分かるか。

--

② 水酸化ナトリウム水溶液の電気泳動結果（pH 試験紙の色の変化）から、何イオンがどちらの極に向かって移動したことが分かるか。

--

③ クロム酸銅(Ⅱ)の電気泳動の結果から、正極、負極にそれぞれ何イオンが移動したと考えられるか。

--

④ ①～③よりわかるイオン結合の特徴は何か。

--

＜わかったこと＞

--

＜感想＞

--

実験 11 ペットボトルの銀めっき～金属光沢～

＜目的＞ ペットボトルに銀めっきを行い、金属の性質について考える。

＜準備＞

【器具】 駒込ピペット、ペットボトル（ふた付き）、試験管（駒込ピペット用）、試験管立て、

保護めがね、手袋

【薬品】 0.2mol/L 硝酸銀水溶液＋エチレンジアミン溶液、1.5%グルコース水溶液、1.0mol/L 水酸化

ナトリウム水溶液

＜方法＞

① ペットボトルの水を捨て、0.2mol/L 硝酸銀水溶液＋エチレンジアミン溶液 5mL と 1.5%グルコース水溶液を 5mL ずつ取り、ふたを閉めてよく振り混ぜる。

② ①に 1.0mol/L 水酸化ナトリウム水溶液を加えてふたをして振り混ぜ、ペットボトルを横にして、ペットボトルの内壁に溶液がいきわたるように、くるくる回す。このとき、ふた側や底にもいきわたるように気を付ける。

③ 全体にメッキできたら、ペットボトルの中の溶液を廃液回収容器に捨て、ペットボトル内を水道水で軽くすすぐ。

＜結果＞ ペットボトルの変化の様子を書け。

＜考察＞

① この実験からわかる金属の性質は何か。

② ①以外の金属の性質には何があるか。また、それらの性質の原因は何であると考えられるか。

性質

原因

＜わかったこと＞

＜感想＞

年 組 番 氏名

験 12 分子モデルの作成～分子の構造～

<目的> 分子モデルを作成し，共有結合による分子の形成について考える。

<準備>

[器具] 分子モデル用紙，はさみ，セロハンテープ

<方法>

① 分子モデル用紙を線に沿って切る。

ポイント！切る線を間違わないように注意が必要である。万一切ってしまった場合はセロハンテープで貼り付ける。

② 三角部分は不對電子，つまり原子の「手」である。セロハンテープで手をつなぎ合わせて共有結合を作る。手をつなぎ合わせる場合は必ず違う原子とつなぎ合わせること（自身の手をつなぐことはない）。水素H₂，水H₂O，アンモニアNH₃，メタンCH₄，酸素O₂，窒素N₂，二酸化炭素CO₂の分子モデルを作る。

<考察>

① 単結合，二重結合，三重結合に分類する。

単結合	二重結合	三重結合

② それぞれの，電子式と構造式を表せ。

分子式	H ₂	H ₂ O	O ₂	N ₂
電子式				
構造式				
分子式	NH ₃	CH ₄	CO ₂	
電子式				
構造式				

② 直線型の分子はどれか。

③ 極性分子，無極性分子に分類する。

極性分子	無極性分子

<わかったこと>

<感想>

年 組 番 氏名

実験 13 溶解性から液体の種類を調べる～分子の極性～

＜目的＞ 溶解性の違いから極性の有無を確かめ、液体の種類を考える。

＜準備＞

【器具】 マイクロチューブ、試験管立て、プラスチック製の薬さじ、保護めがね

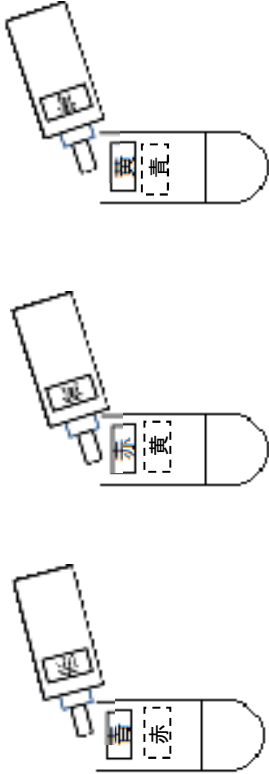
【薬品】 ヘキサンC₆H₁₄、エタノールC₂H₅OH、蒸留水H₂O、ヨウ素I₂

＜方法＞青色、赤色、黄色ラベルの無色透明の液体は、ヘキサン、エタノール、水のいずれかである。
それぞれの溶解性およびヨウ素との溶解性を調べて、それぞれがどの液体であるかを導き出す。

- (1) ヘキサン、エタノール、水、ヨウ素の極性の有無を確認する。
- (2) 3つの液体が、それぞれどのようなになれば、水、エタノール、ヘキサンと判断できるか、予想を立てる。（それぞれを混ぜ合わせたとき、水だったらどうなる？エタノールだったら？ヘキサンだったら？）

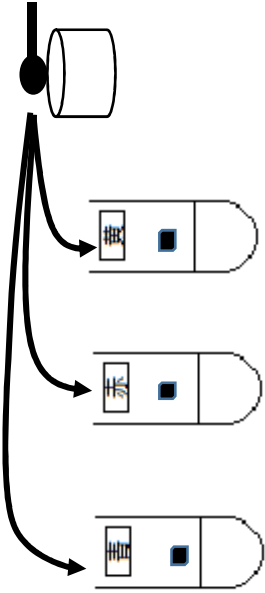
(3) 溶解性を調べる。

- ① 2つの液体を混ぜ合わせたとき（青と赤、赤と黄、黄と青の3パターン）混じるか混じらないか調べる。※手についた場合は、よく洗うこと。臭いのきついものもあるので注意すること。



- ② 青色、赤色、黄色ラベルの液体に、それぞれヨウ素をごく少量（ひとかけらでOK）加え、溶けるかどうか調べる。

注意！ヨウ素は素手で触らない。



- (4) 青色、赤色、黄色ラベルの液体が、それぞれの液体であるか考察する。

ポイント！予想と異なる結果が出ても、予想を書き直すことはしない！もちろん、結果も変えたりしない！！探究は予想と結果が異なることから始まります！！

＜確認＞ 分子の極性の有無

ヘキサンC₆H₁₄（ ），エタノールC₂H₅OH（ ），水H₂O（ ），ヨウ素I₂（ ）

＜予想＞ 青，赤，黄ラベルの液体がどのようなになればヘキサン，エタノール，水と判断できるか，予想する。

ヘキサンだったら
エタノールだったら
水だったら

＜結果＞ 液体およびヨウ素の溶解性の結果

	青	赤	黄	I ₂
極性の有無				
青				
赤				
黄				
I ₂				

＜考察＞

- (1) (3)②のヨウ素を加えたときの結果から、青，赤，黄の試料の極性について考えよ。

- (2) (3)①の2つの液体を混ぜ合わせた結果から、青，赤，黄の試料の極性について考えよ。

(3) (1), (2)より, 青, 赤, 黄の液体はそれぞれの物質と考えられるか。また, その根拠をまとめよ。

青ラベルの液体は, 実験結果から () と考えられる。 その根拠は, () は () _____ _____	赤ラベルの液体は, 実験結果から () と考えられる。 その根拠は, () は () _____ _____	黄ラベルの液体は, 実験結果から () と考えられる。 その根拠は, () は () _____ _____
--	--	--

<わかったこと>

<感想>

実験 14 電気伝導性から結晶の種類を調べる～化学結合と物質の性質～

＜目的＞電気伝導性を、電子の流れと化学結合との関わりから考えることで、化学結合の理解を深める。

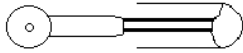
＜準備＞

【器具】テスター、試験管8本、試験管立て、ガスバーナー、スタンド、マッチ、軍手、保護めかね、乾いた布

【薬品】塩化ナトリウムNaCl、砂糖（スクロースC₁₂H₂₂O₁₁）、スズSn、石英砂SiO₂、蒸留水H₂O

＜方法＞

- (1) 固体の電気伝導性を調べる。
試験管に入っている各固体について、テスターを入れて、電気伝導性を調べる。テスターの電極は試料ごとに、乾いた布でよく拭いてから使用する。
- (2) 水溶液の電気伝導性を調べる。
(1)で電気伝導性がなかった試料について調べる。



- (1)でも(2)でも電気伝導性のなかった試料について調べる。
- (3) 液体（融解液）の電気伝導性を調べる。
各固体が入った試験管に、蒸留水を試験管の約5割程度まで加える。溶解した試料の電気伝導性を、テスターを用いて調べる。テスターの電極は試料ごとに洗い、乾いた布で拭いてから使用する。

- ① 試験管の口を上にして斜めになるようにスタンドに固定する。
- ② ガスバーナーで加熱し、融解したらテスターを用いて調べる。

ポイント！炎の強さの調節が大切！

- ③ 約3分加熱しても変化が見られない場合は「融解しなかった」とする。
- ④ テスターの電極は試料ごとに洗い、乾いた布でよく拭いてから使用する。

注意！やけどに十分気をつけること。万ーやけどしたら、すぐに流水で冷やす。

注意！加熱直後の試験管はスタンドに立てたまま冷ます。すぐに水にはつけない。

＜結果＞ 表に結果を記入する。

	塩化ナトリウム	砂糖	スズ	石英
固体				
水溶液				
液体（融解液）				

＜考察＞

- (1) 実験結果から、試料はそれぞれ何結晶と考えられるか。また、その根拠は何か。石英の記述を参考に書け。

塩化ナトリウムは、実験の結果より（ その根拠は、	）結晶であると考えられる。
砂糖は、実験の結果より（ その根拠は、	）結晶であると考えられる。
スズは、実験の結果より（ その根拠は、	）結晶であると考えられる。
石英は、実験の結果より（ その根拠は、共有結合の結晶では、価電子がすべて結合に使われており、自由に動ける電子が無いので、電子が流れることができないからである。	）結晶であると考えられる。

- (2) チャレンジ！！実験(1)の固体で電気が流れた物質があれば、その融解液で実験を行った場合どうなると考えられるか？（電気は流れるか、流れないか？）

固体で電気が流れた物質： _____ 融解液では電気は？： _____

＜わかったこと＞

＜感想＞

実験 15 米 6,000 粒～アボガドロ数を実感する～

＜目的＞ 物質質量[mo]が数の単位であり，便利な単位であることを実感する。

＜準備＞

[器具] 電子天秤、メスシリンダー、計量カップ、ビニール袋
[薬品] 米など

＜方法＞

グループで方法を考えて，お米6,000 粒を袋に取る。

＜結果＞

① どのような方法でお米 6,000 粒を袋に取ったか。また，その方法の前提としてあるものは何か。

② 他のグループの方法にはどのような方法があったか。

＜考察＞ この実験からわかったことは何か。

＜感想＞

実験 16 シリンジで気体の分子量を測定する～分子量～

＜目的＞シリンジで一定の体積の気体をはかりとり，相対値から分子量を求める。

＜準備＞

〔器具〕三方コック，プラスチック注射器，釘，電子天秤（最小単位 0.001 g）

〔薬品〕酸素，二酸化炭素，ブタン

＜方法＞

- ① 真空状態 50mL の質量を測定する。
三方活栓のシリンジ側を開け，シリンジ内の空気を全て押し出したら，三方活栓のシリンジ側を閉じ，50mL を超えるまでピストンを引っ張り真空状態にし，ピストンの孔に釘を差し込んで固定する。
この状態で注射器の質量を電子天秤で測定し，記録する。
- ② 酸素 50mL を封入し質量を測定する。
三方活栓のシリンジ側を開け，シリンジと逆側の栓に酸素ポンベをつなぐ。酸素を 50mL 以上入れ，ピストンの孔に釘を差し込み，ピストンが止まるところまで押し，三方活栓のシリンジ側を閉じる。
この状態で注射器の質量を電子天秤で測定し，記録する。
- ③ 二酸化炭素 50mL を封入し質量を測定する。
釘を外して三方活栓のシリンジ側を開き，シリンジ内の酸素をすべて押し出す。②と同様に二酸化炭素 50mL の質量を測定し，記録する。
- ④ ブタン 50mL を封入し質量を測定する。
③と同様にして質量を測定し，記録する。

＜結果＞ 結果を表に記録する。理論値は調べて記入する。

	真空の注射器の質量[g]㊟	気体を入れた注射器[g]㊠	気体の質量[g]㊠－㊟	求めた分子量	分子量(理論値)
空気				29	29
酸素 O ₂					
二酸化炭素 CO ₂					
ブタン C ₄ H ₁₀					

＜考察＞

- ① 空気との相対値から酸素，二酸化炭素，ブタンの分子量を求め，表に記入する。
- ② 求めた分量と理論値を比べてわかることは何か。

＜わかったこと＞

＜感想＞

実験 17 炭酸水素ナトリウムと塩酸の反応～化学反応における量的関係～

＜目的＞化学反応式の係数の比が，化学反応における反応物の物質量和生成物の物質量の比を表していることを確かめる

＜準備＞

〔器具〕プラスチックカップ大・小，ストロー，葉さじ，メスシリンダー，駒込ピペット，電子天秤，保護めがね

〔薬品〕希塩酸（2.0mol/L），炭酸水素ナトリウム

＜方法＞

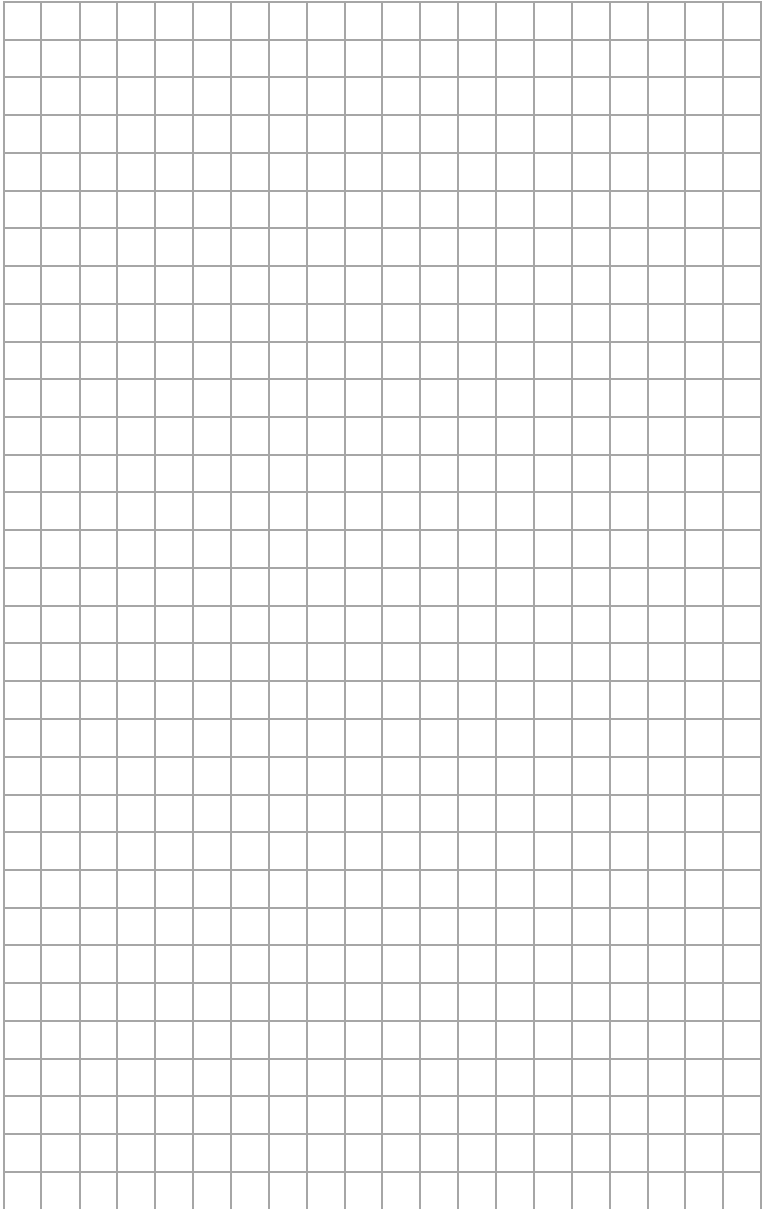
- ① メスシリンダーで2.0mol/Lの塩酸を15mLはかりとり，小さい方のプラスチックカップに入れる。これを，4つ作る。
- はかりとるときは，メスシリンダーの目盛り15mLに少し足りないくらいまで，ビーカーから直接メスシリンダーに塩酸を注いだ後，駒込ピペットを用いて少しずつ滴下し，15mLちょうどにする。
- ② 電子天秤に大きい方のプラスチックカップを置き，炭酸水素ナトリウムを1.0gはかりとる。このとき，カップの内壁になるべく炭酸水素ナトリウムがつかないようにする。同様に，2.0，3.0，4.0gをはかりとる。
- ③ ①に②をのせ，電子天秤を用いて，カップも含めた質量をはかり，記録する。4組すべてはかる。
- ④ 炭酸水素ナトリウムの入った大きい方のコップに塩酸を静かに少しずつ加える。こぼさないように気をつけながらコップを傾けるなどして，コップの内壁に着いている炭酸水素ナトリウムも塩酸に浸るようにする。
- ⑤ 気体の発生が終了したら，カップを振るなどして液体中にある気泡を追い出した後，ストローでコップ内に息を静かに吹き込み，二酸化炭素を追い出す。このとき，未反応の炭酸水素ナトリウムがあるかどうか確認する。
- ⑥ ③と同様に，空になった小さい方のカップに⑤を重ねて，電子天秤を用いて質量をはかり，記録する。

＜結果＞

	炭酸水素ナトリウムの質量 [g]	1.0	2.0	3.0	4.0
結 果	反応前の総質量 a [g]				
	反応後の総質量 b [g]				
	発生した二酸化炭素の質量 a－b [g]				
処 理	未反応の炭酸水素ナトリウムの有無				
	炭酸水素ナトリウムの物質量 [mol]				
	用いた塩酸の物質量 [mol]				
	発生した二酸化炭素の物質量 [mol]				

＜考察＞

- ① 炭酸水素ナトリウムや塩酸，二酸化炭素を物質量に直し，表に記入する。
- ② 炭酸水素ナトリウムと発生した二酸化炭素の関係をグラフにせよ。



- ③ 用いた塩酸と過不足なく反応する炭酸水素ナトリウムの物質量と，そのとき発生する二酸化炭素の物質量はそれぞれ何 molか，グラフから読み取る。
- | | |
|-----------|-------|
| 炭酸水素ナトリウム | 二酸化炭素 |
|-----------|-------|
- ④ 使用した 2.0mol/L 塩酸 15mL 中に含まれる塩化水素の物質量は何 molか計算せよ。
- | |
|--|
| |
|--|
- ⑤ ③と④から，過不足なく反応するNaHCO₃，とHClと生じるCO₂の物質量の比を求めよ。
- | |
|--|
| |
|--|

⑥ この反応を化学反応式で表せ。

⑦ ⑤と⑥からわかることは何か。

<わかったこと>

<感想>

年 組 番 氏名

実験 18 食酢中の酢酸の量を調べる～中和滴定～

＜目的＞酸と塩基の中和反応を用いて、食酢中の酢酸の量を調べる。

＜準備＞

【器具】 ホールピペット(10mL)、メスフラスコ(100mL)、ビーカー、コニカルビーカー、

駒込ピペット、ビュレット(50mL)、ビュレット台、ろうと、ろ紙、保護メガネ

【薬品】 市販の食酢、蒸留水、水酸化ナトリウム水溶液、フェノールフタレイン

＜方法＞

(1) 食酢を 10 倍に薄める

- ① ホールピペットを用いて食酢を 10.0mL 正確に量り取り、100mL メスフラスコに移す。
- ② ①の標線の少し下まで蒸留水を静かに注ぐ。ビーカーに蒸留水を取り、駒込ピペットを用いて1滴ずつ加え、正確に 100mL にする。蒸留水を注ぐとき、メスフラスコの内壁を伝わせるように蒸留水を注ぐと泡が立ちにくい。
- ③ 栓をして、栓を押さえながら逆さにして振り、よく混合する。

(2) 滴定を行う

- ① ホールピペットを共洗いする(標線以上になるように希釈した食酢を取って捨てる)。このとき、一度吸った溶液が戻らないように注意する。
- ② ①のホールピペットを用い、希釈した食酢を 10.0mL 量り取り、コニカルビーカーに移す。
- ③ ②にフェノールフタレインを2、3滴加える。忘れない！
- ④ ビュレットをビュレット台にセットする。ビュレットを床に置き、ビュレットのコックを閉じ、漏斗を用いて水酸化ナトリウム水溶液を目盛りの0mL 程度まで入れる。ビュレットが濡れている場合は、共洗いをしてから用いる。漏斗はビュレットの内壁につくように片側に寄せるなどして隙間をあける。ビュレットを作業台の上に置き、漏斗を外す。ビュレットの下に水酸化ナトリウム水溶液のビーカーを置いてコックを開き、ビュレットの先まで液を満たす。
- ⑤ 滴定前、つまり④のビュレットの目盛りを、最小目盛りの1／10 まで読み取る。④のビュレットの下にろ紙を敷き、③のコニカルビーカーを置く。コックを開き、ビュレットから水酸化ナトリウム水溶液を滴下し、そのつどコニカルビーカーを振り混ぜる。これを溶液がごく薄い赤い色（中和点）になるまで繰り返す。

ポイント！ビュレットのコックを開け閉めする際は、両手で軽く押し合うようにしながら開ける。

⑥ 中和したときのビュレットの目盛りを滴定前と同様に読み取る。

⑦ ①～⑥を後2回繰り返す。このとき、ホールピペットは同様の液を用いるので共洗いしない。また、使用したコニカルビーカーの液は水に流し、水道水ですいいで洗った後、蒸留水で軽くすすぎ、濡れたまま共洗いをしないで用いる。

＜結果＞ 下の表に記録せよ。

	滴定前の目盛り a	滴定後の目盛り b	滴下量 b－a
1 回目			
2 回目			
3 回目			
平 均			

＜考察＞

① 滴定の結果から、食酢を 10 倍に薄めた水溶液の酢酸のモル濃度を求める。

② ①より元の食酢の酢酸のモル濃度を求める。

③ ②より、元の食酢に含まれる酢酸の質量パーセント濃度を求める。
このとき、食酢の密度は 1.00 g / mL とする。

④ ホールピペット、メスフラスコ、ビュレット、コニカルビーカーのうち、蒸留水で濡れたまま使用できるもの、共洗いが必要なものはそれぞれどれか。また、その理由は何だと考えられるか。

器具	共洗いが必要か	理由
ホールピペット		
メスフラスコ		
ビュレット		
コニカルビーカー		

⑤ この実験で起こった反応を，化学反応式で表せ。

⑥ この実験の指示薬としてメチルオレンジを用いた場合どうなるか。理由も合わせて考えよ。

<わかったこと>

<感想>

____年 組 番 氏名

<目的> 代表的な酸化剤と還元剤の反応を観察しよう。また、電子の流れを調べて、酸化還元反応が電子の授受であることを確かめよう。

<準備>

【器具】 24 穴セルプレート のふた、ラップ、ろ紙、マイクロアンペア計、ミノムシクリップ導線、抵抗、炭素棒、ピンセット、シャーシ、ピーカー

【薬品】 過マンガン酸カリウム KMnO_4 水溶液、過酸化水素 H_2O_2 水、ヨウ化カリウム KI 水溶液
硫酸鉄(Ⅱ) FeSO_4 水溶液、ビタミンC入りジュース、硫酸 H_2SO_4 、
ヘキサシアノ鉄(Ⅲ)酸カリウム $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ 水溶液

<方法>

(1) 酸化剤と還元剤の反応を調べる

- ① ラップをしたセルプレート の蓋をプリントに合うように置き、蓋の円に 1 滴ずつ酸化剤を滴下する。「酸化剤」の列にも酸化剤を滴下し、還元剤を加えていない状態の水溶液との比較に利用する。
- ② 過マンガン酸カリウムと過酸化水素水に硫酸を 1 滴ずつ加え、ガラス棒で混ぜる。違う溶液を扱う際は、ガラス棒を洗って用いる。
- ③ 還元剤をそれぞれの酸化剤に 2 滴ずつ滴下し、ガラス棒で混ぜ、反応を見る。結果を表に書く。「還元剤」の行も酸化剤の列と同様に比較のために滴下する。
- ④ 硫酸鉄(Ⅱ)水溶液の列にヘキサシアノ鉄(Ⅱ)酸カリウム水溶液を 1 滴ずつ滴下し、変化を見る。
※ヘキサシアノ鉄(Ⅱ)酸カリウム水溶液は鉄(Ⅱ)イオンとは青白色沈殿、鉄(Ⅲ)イオンとは濃青色沈殿を生じる。

(2) 電子の流れを確認する。(過マンガン酸カリウム水溶液、過酸化水素水、ヨウ化カリウム水溶液、ビタミンC入りジュース)

- ① マイクロアンペア計と導線、抵抗、炭素棒を左図のようにつなぐ。
- ② シャーシに丸い紙を置き、ろ紙全体が湿るように硫酸を垂らす。
- ③ 小さい紙片に、それぞれの液の物質名もしくは化学式を鉛筆で書き、もう一枚のろ紙上に置き、それぞれの液を 1、2 滴垂らす。
- ④ ピンセットを用い 4 種類の溶液のろ紙の小片を、硫酸で湿らしたろ紙上に重ならないように置く。このとき、ピーカーに水を準備し、ピンセットをろ紙ごと軽く洗う。
- ⑤ 炭素棒の一方を酸化剤に、もう一方を還元剤に置き、電流計の振れを確認する。負の方の振れた場合は電極を逆にしてもう一度行う。過マンガン酸カリウム水溶液と過酸化水素水とヨウ化カリウム水溶液の 3 つとビタミンC入りジュースと過酸化水素水の 4 通りについて行う。⑤と同様にピーカーに水を準備し、違う試料に移るときは必ず炭素棒を洗う。

<結果および考察>

(1) 酸化剤と還元剤の反応を表に記入せよ。

	ヨウ化カリウム水溶液	硫酸銅(Ⅱ)水溶液	過酸化水素水	ビタミンC入りジュース
過マンガン酸カリウム水溶液 + 硫酸 (+ $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6\text{aq}$)	①	②	③	④
過酸化水素水 + 硫酸 (+ $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6\text{aq}$)	⑤	⑥		⑦

(2) 電流計の端子を記し、電子の流れる向きを記入せよ。

電流計の端子	試料	電子の流れる向き	試料	電流計の端子
()	過マンガン酸カリウム水溶液		ヨウ化カリウム水溶液	()
()	過マンガン酸カリウム水溶液		過酸化水素水	()
()	ヨウ化カリウム水溶液		過酸化水素水	()
()	ビタミンC入りジュース		過酸化水素水	()

(3) 酸化剤と還元剤の反応①～⑦のイオン反応式をそれぞれ表せ。

- ①
- ②
- ③
- ④
- ⑤
- ⑥
- ⑦

(4) (2)の結果から電子の流れと酸化剤還元剤についてわかることは何か。

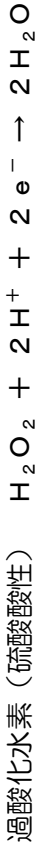
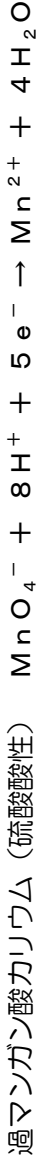
(5) (2)の結果からビタミンC入りジュースは酸化剤か還元剤か。そう考えた理由は何か。

<わかったこと>

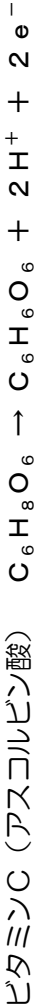
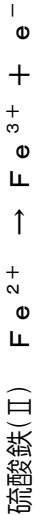
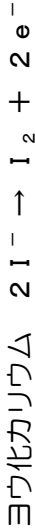
<感想>

年 組 番 氏名

酸化剤の半反応式



還元剤の半反応式



実験 20 サプリメントに含まれるビタミンC量を調べる～酸化還元滴定～

＜目的＞酸化還元反応を使って、サプリメントに含まれるビタミンC量を調べる。

＜準備＞

【器具】メスピペット（上部にシリコンチューブを付けたもの）、ビーカー、プラスチックカップ、マイクロビュレット、ビュレット台、シリンジ、駒込ピペット、ろ紙、保護メガネ

【薬品】ビタミンCサプリメント水溶液、濃度のわかっている過マンガン酸カリウム水溶液、硫酸

＜方法＞

- ① シリコンチューブを取り付けたメスピペットにシリンジをつなぎ、ビタミンC入り水溶液 1.0mL を正確にはかりとり、プラスチックカップに移す。これに、2.0mol/L の硫酸を駒込ピペットで 1mL はかりとり加え、プラスチックカップを揺すって混ぜる。
- ② マイクロビュレットをビュレット台にセットする。ビュレット台を床に置き、ビュレットのコックを開き、シリンジを用いて過マンガン酸カリウム水溶液を目盛りの0mL 程度まで吸い取る。ビュレットが濡れている場合は、共洗いをしてから用いる。

ポイント！ビュレットに入れる過マンガン酸カリウム水溶液は目盛りの0に合わせる必要はない。滴

定前と後の目盛りの差から量を求める。

- ③ 滴定前、つまり②のマイクロビュレットの目盛りを、最小目盛りの1/10 まで読み取る。②のビュレットの下にろ紙を敷き、①のビーカーを置く。コックを開き、ビュレットから過マンガン酸カリウム水溶液を滴下し、そのつどビーカーを振って混ぜる。これを溶液がごく薄い紫色（当量点）になるまで繰り返す。

- ④ 当量点でのビュレットの目盛りを滴定前と同様に読み取る。

- ⑤ ①～④を後2回繰り返す。このとき、ホールピペットは同様の液を用いるので共洗いしない。また、使用したビーカーの液は廃液用ビーカーに移し、水道水ですすいで洗った後、蒸留水で軽くすすぎ、濡れたまま共洗いをしないで用いる。また、4回以上行う場合は、過マンガン酸カリウム水溶液が足りなくなる可能性がある。マイクロビュレットに過マンガン酸カリウム水溶液を足し、目盛りを読み取ってから始める。



＜結果＞結果を下の表に記録せよ。

	滴定前の目盛り a	滴定後の目盛り b	滴下量 b－a
1 回目			
2 回目			
3 回目			
平 均			

＜考察＞

- ① この実験で起こった反応を、イオン反応式で表せ。

- ② 滴定の結果から、使用したビタミンC水溶液のモル濃度を求めよ。

- ③ ①より、サプリメント1個に含まれるビタミンC量の質量を求めよ。

- ④ メスピペット、マイクロビュレット、プラスチックカップのうち、蒸留水で濡れたまま使用できるもの、共洗いが必要なものはそれぞれどれか。また、その理由は何だと考えられるか。。

器具	共洗いが必要か	理由
メスピペット		
マイクロビュレット		
プラスチックカップ		

＜わかったこと＞

＜感想＞

年 組 番 氏名

実験 21 金属樹の生成と金属のイオン化傾向の大小～金属のイオン化傾向～

<目的> 金属板と金属塩の水溶液の反応から、金属のイオン化傾向の大小を調べる。

<準備>

- 【器具】 マイクロプレート のふた、食品包装ラップ、ピンセット、ビニール袋、プリント
- 【薬品】 マグネシウムリボン、亜鉛板、銅板、硫酸マグネシウムMgSO₄水溶液、硫酸亜鉛ZnSO₄水溶液、酢酸鉛(Ⅱ) Pb(CH₃COO)₂水溶液、硫酸銅(Ⅱ) CuSO₄水溶液、硝酸銀AgNO₃水溶液、塩酸HCl、水

<方法>

- (1) 鉛樹の作成
- ① ビニール袋の端を、一辺を残して切る。
 - ② ビニール袋をめぐり、ろ紙を置き、ろ紙に酢酸鉛水溶液をろ紙全体が十分に湿るように（20 滴程度）滴下する。亜鉛板をろ紙上に置き、その上に酢酸鉛水溶液を5、6 滴滴下する。ビニール袋をかぶせ、手で軽く押さえて密着させる。静置し、観察する。
- (2) 金属板と水溶液の反応
- ① マイクロプレート のふたにラップを敷き、イオン化傾向プレートのプリントの上に置く。
 - ② マグネシウム、亜鉛、銅それぞれの金属片をプリントに従って置く。
 - ③ 硝酸銀等の試薬を金属片に2 滴ずつ滴下し様子を観察する。下記表に反応の様子を書く。図を用いてもよい。

<結果>

- (1) 鉛樹の様子を記入せよ。

- (2) 金属板と水溶液の反応を表に記入せよ。

	AgNO ₃	Pb(CH ₃ COO) ₂	MgSO ₄	ZnSO ₄	CuSO ₄	HCl
Mg						
Zn						
Cu						

<考察>

- (1) 金属樹ができる仕組みを説明せよ。

- (2) 次の①～③の反応をイオン反応式で、④を化学反応式で表せ。

① Cu板とAgNO₃水溶液

② Zn板とPb(CH₃COO)₂ 水溶液

③ MgリボンとZnSO₄ 水溶液

④ MgリボンとHCl

- (3) Mg, Zn, Pb, H, Cu, Agをイオン化傾向の大きい順に並べよ。

- (4) (3)で順番が決定できないところがあれば、追加でどのような実験を行うとよいと考えらるか。

<わかったこと>

<感想>

年 組 番 氏名

【参考文献】

- 井口洋夫・相原惇一ほか(2011),『新版化学基礎』,実教出版
- 井口洋夫・木下實ほか(2011),『化学基礎』,実教出版
- 石川雄治(2015),『理科教室 2015.10』,日本標準
- 石塚史子(2015),『高等学校理科「科学と人間生活」におけるサポート資料の作成』,岩手県立総合教育センター
- 岩田久道・後藤顕一編著(2011),『魅せる化学の実験授業 高等学校「化学基礎」編』,東洋館出版社
- ト部吉庸(2005),『化学Ⅰ・Ⅱの新研究』,三省堂
- 岡村定矩・藤嶋昭ほか(2012),『新しい科学1年』,東京書籍
- 岡村定矩・藤嶋昭ほか(2012),『新しい科学2年』,東京書籍
- 岡村定矩・藤嶋昭ほか(2012),『新しい科学3年』,東京書籍
- 株式会社ナリカ(2012),『平成24年度版サイボックス理科消耗品カタログ』
- ケニス株式会社(2012),『2012年度サイエンスマップ理科消耗品カタログ』
- 小松原清敬(2015),『高等学校理科「地学基礎」におけるサポート資料の作成』,岩手県立総合教育センター
- 齋藤耕子(2012),『高等学校理科における小・中学校との系統性を重視した指導法についての研究』,岩手県立総合教育センター
- 齋藤烈・藤嶋昭・山本隆一ほか(2011),『化学基礎』,新興出版啓林館
- 齋藤烈・藤嶋昭・山本隆一ほか(2011),『新編 化学基礎』,新興出版啓林館
- 芝原寛泰・佐藤美子(2011),『マイクロスケール実験ー環境にやさしい理科実験ー』,オーム社
- 竹内敬人ほか(2011),『化学基礎』,東京書籍
- 竹内敬人ほか(2011),『新編化学基礎』,東京書籍
- 辰巳敬ほか(2011),『化学基礎』,数研出版
- 辰巳敬ほか(2011),『新編 化学基礎』,数研出版
- 千田和則(2013),『高等学校「生物基礎」における観察,実験サポート資料の作成』,岩手県立総合教育センター
- 日本化学会編(1994),『中・高校生と教師のための化学実験ガイドブック』,丸善
- 野村祐次郎・辰巳敬ほか(2011),『高等学校 化学基礎』,数研出版
- 松本洋介(2013),『スクエア 最新図説化学』,第一学習社
- 務台潔ほか(2011),『高校化学基礎』,実教出版
- 文部科学省(2009),『高等学校学習指導要領解説 理科編』,実教出版
- 山内薫ほか(2011),『高等学校 化学基礎』,第一学習社
- 山内薫ほか(2011),『高等学校 新化学基礎』,第一学習社

【参考Webページ】

- 愛媛県総合教育センター学習指導資料(2012),「導電電極の作製」
http://www.esnet.ed.jp/center/shiryo/uploads/doudendenkyoku_sakusei.pdf (2015年11月20日閲覧)
- 岡山県総合教育センター理科指導資料(2015),「系統性を踏まえた理科の授業づくりー科学的な見方や概念を柱とした観察,実験の実践例ー」
<http://www.edu-ctr.pref.okayama.jp/chousa/kiyou/h26/14-02.pdf> (2016年2月25日閲覧)
- 岡山県総合教育センター理科指導資料(2007),「観察,実験における安全の手引き」
http://www.edu-ctr.pref.okayama.jp/gakkoushien/kou_seibutu/anzen.pdf (2016年2月25日閲覧)

高知県教育センター高知県教育公務員長期研修生(研究生)研究報告書(2012),「別冊 『化学基礎』
観察・実験集」

http://www.pref.kochi.lg.jp/soshiki/310308/files/2012120700256/2012120700256_www_pref_kochi_lg_jp_uploaded_life_91885_326802_misc.pdf (2015 年 11 月 20 日閲覧)

国際化学物質安全性カード (I S C S) 日本語版

<http://www.nihs.go.jp/ICSC/> (2015 年 11 月 20 日閲覧)

佐賀県教育センター授業に役立つ実践研究(2003 年度),「安全な理科実験・観察ハンドブック」

http://www.saga-ed.jp/kenkyu/kenkyu_chousa/h16/01anzennarika/top4.htm (2016 年 2 月 25 日
閲覧)

しょう油から食塩を分離する

<http://www.water.sannet.ne.jp/masasuma/masa/e3-7.htm> (2016 年 1 月 17 日閲覧)

日本化学会 教育・普及部門

<http://edu.chemistry.or.jp/> (2016 年 1 月 17 日閲覧)

兵庫県高等学校教育研究会科学部会

<http://www.hyogo-c.ed.jp/~rikagaku/jjmanual/jikken/kaga/kaga25.htm> (2016 年 1 月 17 日
閲覧)

身の回りの化学

<http://katakago.sakura.ne.jp/chem/> (2016 年 1 月 17 日閲覧)

らくらく化学実験 : Fun Chemistry Experiment

<http://rakuchem.com/> (2016 年 1 月 17 日閲覧)

理科ねっとわーく

<http://rikanet2.jst.go.jp/> (2016 年 2 月 25 日閲覧)

高等学校理科「化学基礎」
観察，実験サポート資料

平成 28 年 3 月発行

著 者 岩手県立総合教育センター
平成 27 年度長期研修生
平 松 訓 子

発行者 岩手県立総合教育センター
花巻市北湯口 2-82-1
〒025-0395 TEL0198-27-2711