

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

物質量と化学反応式

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。

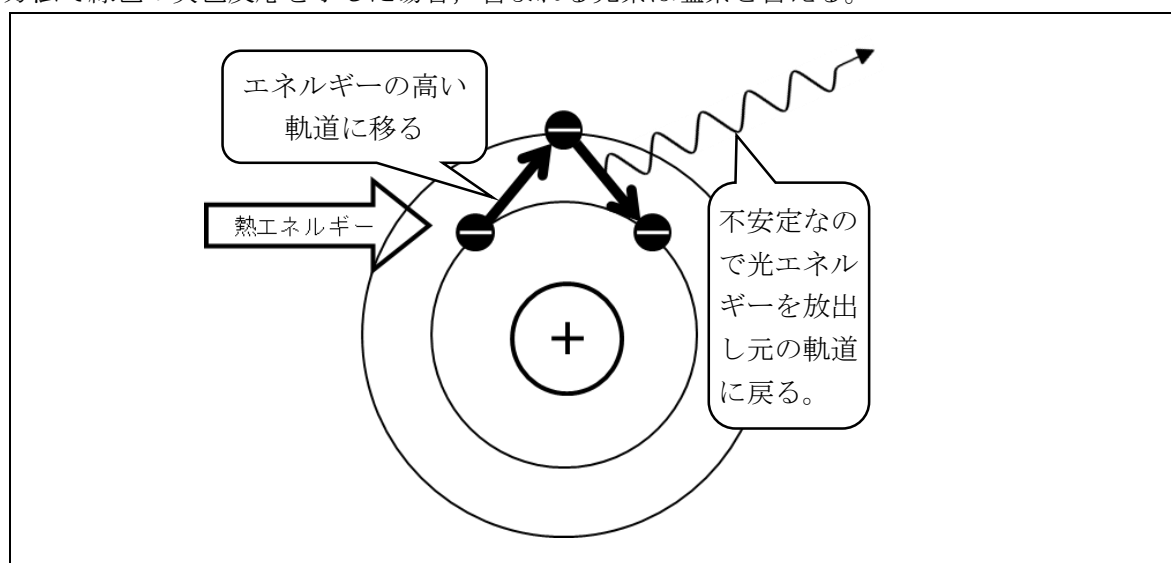
留意点

【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, 保護メガネ

綿棒の必要本数 1班約 10本 × () 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 3g, 比較することを考えると, 1クラスで必要な量は

1班約 6g × () 班 = () g

7つの試料を一度に行う場合は

1班約 21g × () 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 × () 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

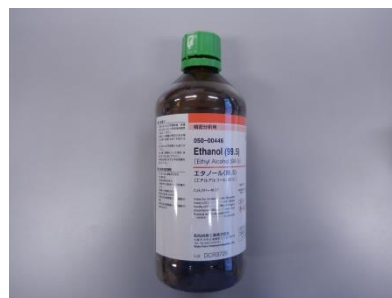
⑤プラスチックカップ (マヨネーズカップ)

※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



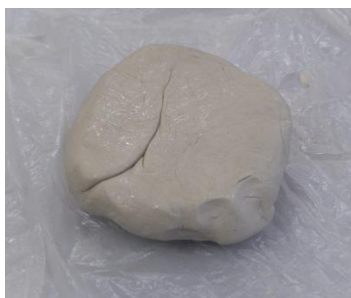
①



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ります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。



⑥

⑦

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。

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うという欠点も多い。