

化学変化と熱

I 化学反応で熱が発生することを生徒一人一人が体感できる観察・実験例

1 観察・実験のあらまし

化学反応における熱の出入りを扱う実験では、化学カイロの成分である鉄の酸化反応を用いるのが一般的である。鉄粉と活性炭に食塩水があれば 10 分程度で鉄が酸化し、熱が発生する実験であり、原理は簡易なものである。測定した温度変化をグラフに表すと、鉄の酸化が発熱反応であることが実感できる。また、温度が上がってくれば、器具の温度の上昇を体感でき、水蒸気の蒸発が始まると煙も出てくるので、生徒の関心・意欲も高まる実験である。

しかし、生徒に実験させてみると、温度が上がりきらず不完全燃焼で実験を終えるグループが出てくる。酸化反応を効率よく進めるためにはどんな条件がそろえばよいかを考えさせ、材料の分量やそのかき混ぜ方を生徒に工夫させることで、興味・関心を高めていきたい。

2 準備するもの ※4人で1グループとして表記

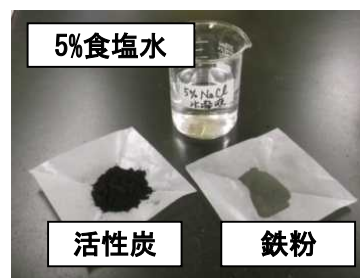
(1) 器具

- ・紙コップ、温度計 (1人で1つ)
- ・電子てんびん、駒込ピペット (4人で1つ)
- ・薬さじ (4人で2つ)
- ・薬包紙 (1人で2枚)



(2) 試薬

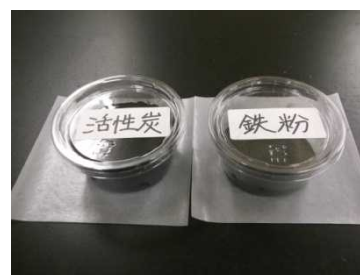
- | | (1人分) | (1グループ) |
|---------------|-------|---------|
| ・鉄粉 (300メッシュ) | 8 g | 50 g～ |
| ・活性炭 | 4 g | 25 g～ |
| ・5%食塩水 | 2 mL | 50 mL～ |



3 学習前の観察・実験の指導の手立て

教科書では蒸発皿を使って混合物を混ぜているが、蒸発皿の汚れがなかなか落ちにくいことや、器具の破損も多いことを考え、ここでは紙コップを使用する。実験が終わった後は紙コップのまま回収できるので、後片付けに時間がかからず、洗う時に流しをさびさせることもない。

また、鉄粉や活性炭、食塩水はグループごとに小分けしておくことで、生徒が器具や薬品を取りに来る時に混乱がない。食塩水はあらかじめ作成しておくことで時間短縮できる。なお、この実験では試薬の塩化ナトリウムでなく、市販されている食塩を利用しても差し支えない。



4 観察・実験の手順・様子

【観察・実験例1】

(1) 食塩水の作成手順

食塩を50g測りとり、水を加えて500mLにする。

(2) 混合物の調整

ア 鉄粉約8gと活性炭約4gを測りとる。

イ 測り取った鉄粉と活性炭を紙コップに入れて、よく混ぜた後、温度計をさして温度を測定する。



- ウ 駒込ピペットを用いて、食塩水をイのコップ内に約1～2 mL 入れる。
※教科書では5mLとなっているが、多いと混合物が固まり温度が上がりにくくなる。

(3) 混合物の反応とグラフの作成

- ア 温度計で温度を測りながら、混合物をかき混ぜる。
※このとき、一気に混ぜずに様子を見ながら時折動きを止めて温度の変化を見守るとよい。
イ 30秒ごとに温度を測定し、約10～15分間記録する。

5 学習後の観察・実験の指導の手立て

この方法と同様な方法をとれば、市販の化学カイロの内容物を紙コップにあけて、熱の発生を調べることができる。生徒の自由研究につなげることができる。

なお、実験の終了後の廃棄物の処理については、紙コップごと反応物を回収し、熱を十分に冷ました後に燃えないゴミとして処理する。校庭などに埋めて処理するのも可能であるが、近くの樹木など植物に影響の出ない場所を選定する。

食塩水については十分に薄めたうえで流しに流しても差し支えないが、安易に廃液を流しに捨てさせないように指導するため、回収して水分を蒸発させた後、可燃物として処理することが望ましい。

6 器具や薬品等の扱い方等

(1) 指導面

- ・食塩水は塩化ナトリウム水溶液であることについて、触れておく必要がある。また、時間短縮のため実験前に調整したものを使用させるとよい。
- ・活性炭は非常に粒子が細かいので、手などにつくと水洗いしてもなかなか落ちないため、注意が必要である(墨汁で洗っているのと同じである)。服装も体操服など汚れてもよいもので臨ませる必要がある。

(2) 安全面

- ・鉄粉が反応してくると温度が上がりすぎてやけどをする場合があるので、鉄粉の入っている部分に直接長時間触らないように指導する。十分に留意する必要がある。
- ・温度計をさしたまま、紙コップを置くとバランスを崩して倒れ、温度計が割れることがあるので、常に温度計を手を持たせて実験をさせる。

(3) その他

- ・鉄粉についてはできるだけ目の細かいものが反応しやすいため、300メッシュのものを利用する。ただし、細かい分、風などで吹き飛ばされないようにする。

※薬品について

薬品名	鉄粉 (300メッシュ)
価格	500g 1,260円程度



II 指導の例

1 単元名 化学変化

2 単元のねらい

化学変化によって熱を取り出す実験を行い、化学変化には熱の出入りが伴うことを見いだすこと。

3 指導計画 (全31時間)

物質の成り立ち (13時間)

いろいろな化学変化 (10時間)

化学変化と熱の出入り (4時間)

化学変化と熱の出入り (4時間), 本時1/4, 2/4

4 学習問題

化学カイロの成分を使って化学変化をさせたとき、どのようなことが起こるだろうか。

5 観察・実験の展開例

(1) ねらい

- ・熱の発生や吸収を伴う実験を適切に行い、結果を記録することができる。(観察・実験の技能)
- ・カイロの成分を使った実験を行い、化学変化には発熱反応があることを理解する。(知識・理解)

(2) 展開例

※評価の観点

学習内容・学習活動	指導上の留意点と評価の観点
<p>1 アルコールランプやガスバーナーに火をつけ、燃焼とはどのような化学変化だったかを思い出させる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・酸素が結びつく変化である。 ・変化の際に光が発生する。 ・変化の際に熱が発生する。 <p>2 この他に身近で熱を発生させる反応がないか考える。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ストーブ ・ドライヤー ・携帯用カイロ 	<ul style="list-style-type: none"> ・火をつける際は生徒に復習としてやらせ、手順を教師が言葉で確認し、本人だけでなく他の生徒の意識を高める。 ・実際の炎を見せながら質問することで、燃焼と熱の発生を結びつけた発言を引き出す。 ・意見が出にくい場合は、寒い時にどのようにして体を温めたかを考えさせる。
<p>化学カイロの成分を使って化学変化をさせたとき、どのようなことが起こるだろうか。</p>	
<p>3 化学カイロの成分を確認し、どの成分が熱を発生しているのかを考える。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・鉄 ・活性炭 ・水、塩類 ・バーミュキュライト など <p>4 混合物を調整する。【観察・実験例1】</p> <p>① 鉄粉約 8 g と活性炭約 4 g を測りとる。</p> <p>② 測りとった鉄粉と活性炭を紙コップに入れて、よく混ぜた後、温度計をさして温度を測定する。</p> <p>③ 駒込ピペットを用いて、食塩水を②のコップ内に約 1～2 mL 入れる。</p> <p>5 混合物の反応を観察し、グラフの作成をする。</p> <p>① 温度計で温度を測りながら、混合物をかき混ぜる。</p> <p>② 30 秒ごとに温度を測定し、約 10～15 分間記録する。</p> <p>6 温度を上昇させた時に、工夫した点を発表する。</p> <p>7 結果から分かったことなどを記録する。</p> <p>8 まとめる。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・市販の化学カイロをグループに一つ配布し、その成分表を確認させる。 ・燃焼が激しい酸化反応であることをヒントにする。 ・入れる量は基本の量を教えて、生徒にある程度自由に実験をさせることで、温度上昇に変化を出させ、生徒の関心・意欲を高める。 ・食塩水は、教科書では 5mL となっているが、多いと混合物が固まり温度が上がりにくくなるので、1～2 mL とする。 ・このとき、一気に混ぜずに様子を見ながら時々動きを止めて温度変化を見守らせる。 ・最高温度を予想させておく。 <p>※熱を発生させて温度上昇を測定し、結果をグラフに表している。 (観察・実験の技能)</p> <p>※実験の結果から、鉄が化学変化をして熱が発生することを理解している。 (知識・理解)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・活性炭やバーミュキュライトの役割についても考えさせる。
<p>鉄が空気中の酸素と結びつき、酸化鉄という別の物質に変わる。このとき熱が発生する。</p>	

Ⅲ よりよい観察・実験にするために

1 生徒・教師の失敗例

(1) 温度がなかなか上がらない。

<対処法>

- ・鉄粉は300メッシュ程度のできるだけ細かいものを使用する。鉄粉の表面積が増えることで、酸素との反応は格段によくなる。100メッシュのものでも反応はするが、加えた水分の量などに左右されやすくなる。
- ・食塩水が多すぎる可能性がある。かき混ぜるときに、混合物がべたべたにならないよう、少な目にさせるとよい。
- ・よくかき混ぜることは酸素との接触機会を増やすために効果的だが、混ぜすぎると熱がうまくたまりずに逃げってしまう方が多いと考えられる。また、水分の量によっては、だまになってかき混ぜがうまくいかなくなる。ある程度かき混ぜたら少し反応を待ち、発生した熱で連鎖的に反応が進むのを待つ方が効率がよくなる。

(2) 時間が余ってしまう。

<対処法>

- ・発熱の状況をグラフに描かせて、温度変化の様子を調べさせ、混ぜる材料の分量やかき混ぜ方の工夫との関係を考えさせるとよい。さらに、時間がある場合は、1回目の実験とは違う工夫で比較実験を行わせるとよい。

(3) 電子てんびんが炭や鉄粉で汚れてしまう。

<対処法>

- ・細かい炭や鉄粉が電子てんびんについてしまった場合、そのまま雑巾で拭いてしまうと汚れを広げてしまう。エアダスターで細かい粉を飛ばしてから拭くとよい。

2 経験談から

本実験は器具や薬品も特別なものを利用することが少なく、簡単に結果が確認できるので、多くの学校で積極的に行われている実験でしょう。ただし、温度が上がったことだけを確認するなら演示実験で十分です。そこで、基本的な調合を教えた後は自分たちで工夫できる実験にすると、より高い温度を出してみようと時間が来てもやめない者も出てきます。実験は理論や法則を導き出す大切なものであると同時に、楽しいものであるということを認識させるにはうってつけの実験テーマです。

今回紹介した【観察・実験例1】は、温度が上がりやすく、生徒の薬品の量の自由度をあげても、十分よい結果が得られます。また、この後最後に紹介する【観察・実験例2】の袋の中に材料を入れて振る方法では、より実際の化学カイロに近い形であるので、生徒が一生懸命袋を振ってくれるでしょう。ただし、袋の中で食塩水と混合物の接触がうまくいかずに温度が思うように上がらないことが多く、必ず全員が成功するとは限りません。時間や生徒の実態に合わせて選択させるとよいでしょう。なお、実験後に理科室が炭や鉄粉だらけになることが容易に予想できます。生徒の興味・関心が高まると思えば、後の片付けもある程度は覚悟できるでしょう。

※参考資料

1 化学カイロの成分

現在販売されている一般的な携帯用カイロの成分とその役割は以下のとおりである。

□鉄粉 … さびることによって発熱する。

□水、塩類 … 鉄粉のさびる速度を速める。

□活性炭 … 空気中の酸素と吸着して、酸素の濃度を高める（鉄が早くさびる）。

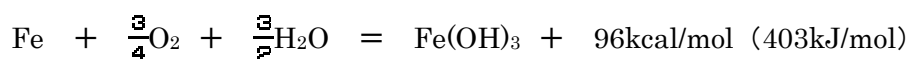
□保水材 … 水で鉄粉がべたべたするのを防ぐために水を含ませしておくもの。

→表面に小さな孔があるパーミキュライトが使われることが多い。

※発熱量や発熱時間は、通気量や成分の配合によって変えることができる。

2 鉄の酸化の熱化学方程式

この実験で起きた発熱反応は以下のように表すことができる。



鉄が酸化されて熱が発生していることには違いないが、実際にできるのは酸化鉄ではなく、水酸化第二鉄である。これは鉄の赤さびの成分である。しかしながら、中学生の段階ではこの反応を理解するのは難解であるので、安易に化学反応式を提示することなく、「鉄が酸化されて酸化鉄ができるときに熱が発生した」としてよいだろう。

【観察・実験例2】封筒を使って化学カイロをつくる

器具

- | | | | |
|--------------|-----|---------|---------|
| ・封筒 | ・半紙 | ・温度計 | ・ピンセット |
| ・ビーカー（200mL） | | ・電子てんびん | ・薬包紙（2） |
| | | | ・薬さじ |

(1) 化学カイロの作成手順

- ア** 封筒に鉄粉約8gを入れる。封筒はこの後温度計を入れたときに目盛りが読みやすいよう1/3ほど切ってもよい。(図1)
- イ** 活性炭約4gを入れ、軽く振って中身を混ぜ合わせる。
- ウ** 半紙をちぎって塩化ナトリウム水溶液をしみこませ、ピンセットで袋に入れる(図2)。この際、半紙は大きすぎないように3cm四方程度に収めて、いくつか様子を見ながら追加するとよい。

図1

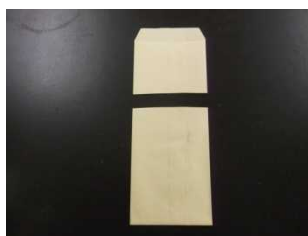


図2



(2) 変化の様子と温度の測定

- ア** 封筒の上部を折り曲げてからよく振り混ぜ(図3)、温度計を封筒にさしこみ温度を測定する(図4)。
- イ** 何回か繰り返し、最高温度を測定する。

図3



図4



※市販の封筒の中には折り目の接着が十分でないものがあり、そこから鉄粉がもれてしまうことがある(図5)。この場合あらかじめセロハンテープなどで留めておくとうい。

図5



参考文献

- 1) 観察実験のスキル～授業を手順よく進めるコツ 信州理科教育研究会 編 (東京法令出版)
- 2) 理科の世界 2年 大日本図書 (平成23年)
- 3) 理科の世界 2年 教科用指導書 上 大日本図書 (平成23年)
- 4) 未来へひろがるサイエンス2 啓林館 (平成23年)
- 5) 日本カイロ工業会ホームページ (<http://www.kairo.jp/kairo/kairo.html>)