

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」

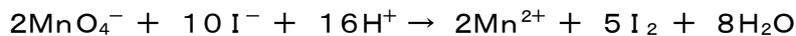
小学校ではろうそくの燃焼の実験を行い、ものが燃えるには酸素が必要で、燃焼後には二酸化炭素が生じることを学習している。中学校では、酸化や還元が酸素の関係する反応であること、酸化と還元が同時に起こることを学習している。酸化ではスチールウールの燃焼、還元では酸化銅と炭素の加熱実験を行っている。発展では二酸化炭素中のマグネシウムの燃焼も取り扱っている。

● ビタミンC (アスコルビン酸)



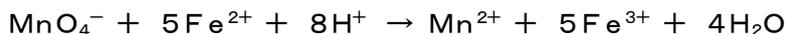
<酸化剤と還元剤の反応>

● 過マンガン酸カリウム (硫酸酸性) とヨウ化カリウム



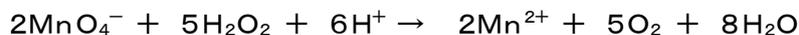
ヨウ素 I_2 は水に不溶であるが KI 水溶液には溶けて赤褐色になる。過不足無く反応すると I_2 が析出するため濃紫色沈殿が見られる。その場合、 KI 水溶液を加えると I_2 が溶けて赤褐色水溶液になる。ヨウ素ヨウ化カリウム水溶液はヨウ素溶液とも呼ばれるため、デンプンを含む紙を浸すと青紫色に変化する。

● 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



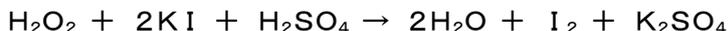
Mn^{2+} は淡桃色であるが、ほぼ無色透明に見える。

● 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



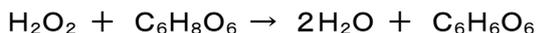
水に難溶の濃紫色のヨウ素が生じるがヨウ化カリウムが存在することによって溶けるため褐色になる。

● 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

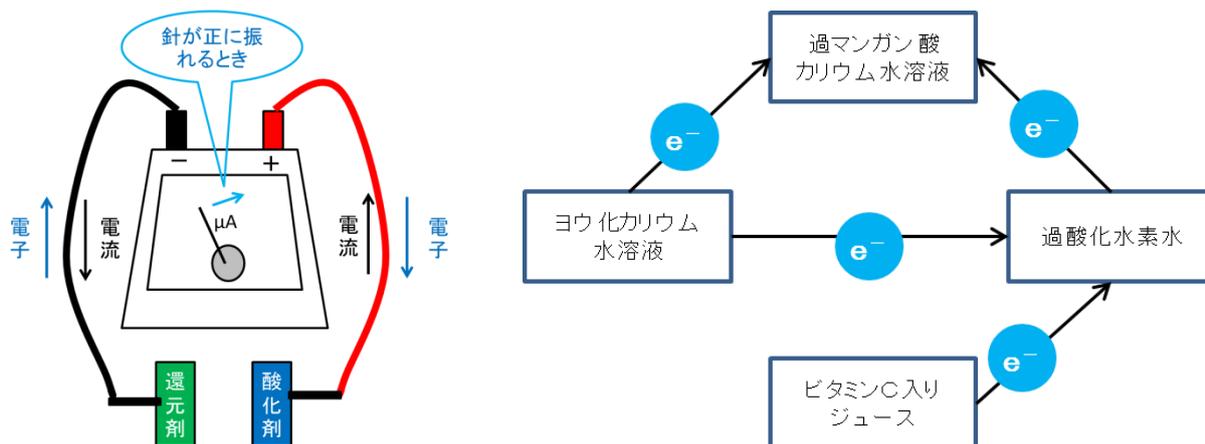


ジュースの色にもよるが、淡黄色のジュースの場合、ジュース自体も滴下したとき無色に見え、過酸化水素と反応しても無色透明のままなので、変化を確認できない。

<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、栓を開けるときの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

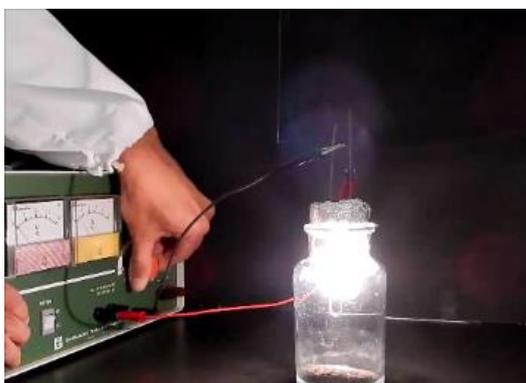
導 入

【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 500g 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

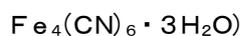
③ ヨウ化カリウム

理科消耗品カタログなどで購入可能 25g 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 25g 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]

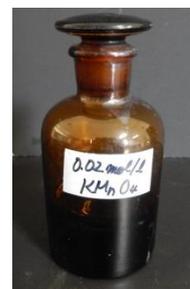
- 24穴マイクロプレートのふた 1枚
- 食品包装用ラップ (約10×15cm) 1枚
- ろ紙 丸1枚
小片4枚
- マイクロアンペア計 1個
- ミノムシクリップ導線 赤, 黒各2本
- 抵抗 (500Ω程度) 1個
- 炭素棒 2本
- ピンセット 1個
- ペトリ皿 1個
- ビーカー 1個
- 点眼瓶 7個

[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。
- 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。



★教員用

- 生徒用と同じもの



- 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。

(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）

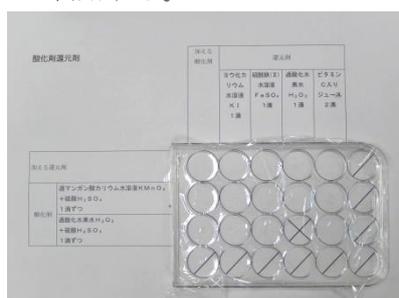
□後片付け（5分）

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

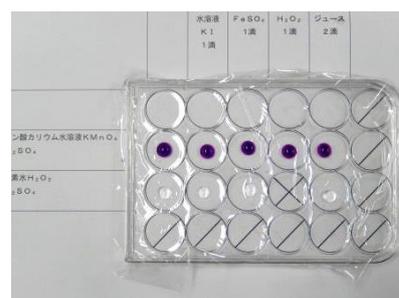
- ① ヘキサシアノ鉄(II)酸カリウム $K_4Fe(CN)_6$ 水溶液は， Fe^{2+} は青白色沈殿を生じ， Fe^{3+} とは濃青色沈殿（紺青）を生じることを説明する。
- ② ラップをしたマイクロプレートのふたをプリントに合うように置き，ふたの円に1滴ずつ酸化剤を滴下する。「酸化剤」の列にも酸化剤を滴下し，還元剤を加えていない状態の水溶液との比較に利用する。



(1) - ② - 1



(1) - ② - 2



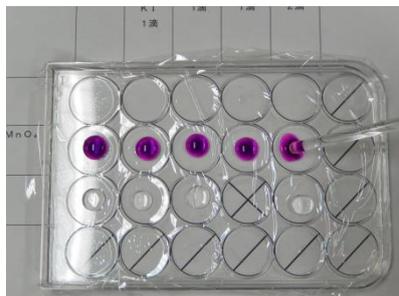
(1) - ② - 3

- 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 $K_4Fe(CN)_6$ 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

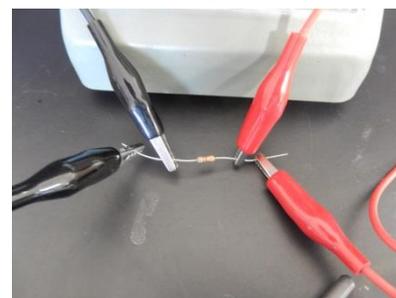
	ヨウ化カリウム水溶液	硫酸銅(II)水溶液	過酸化水素水	ビタミンC入りジュース
過マンガン酸カリウム水溶液＋硫酸 (+ $K_4Fe(CN)_6$ aq)		()		
過酸化水素水＋硫酸 (+ $K_4Fe(CN)_6$ aq)		()		

(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。

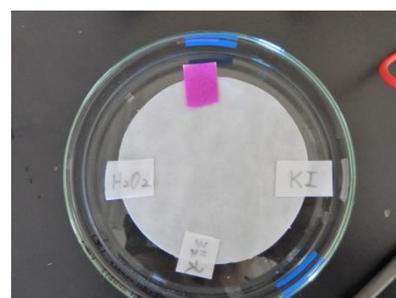


(2)－②－1



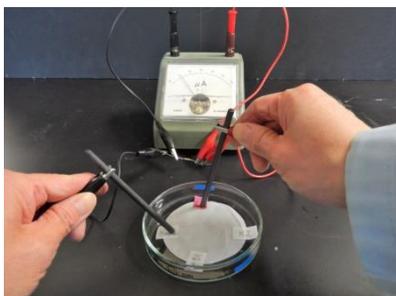
(2)－②－2

- 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薄片を，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。

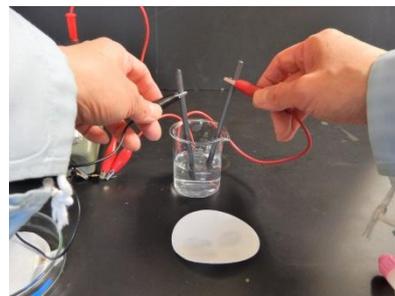


(2)－③，④，⑤

- 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