

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～

 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

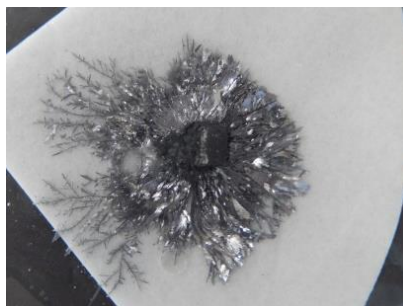
難易度	教材の入手日数	準備時間	実施時間
★★☆	1 カ月	2 時間	50 分

目的と内容

金属のイオン化傾向の大きさを調べることで、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きさを、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。

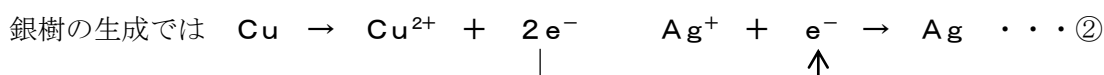
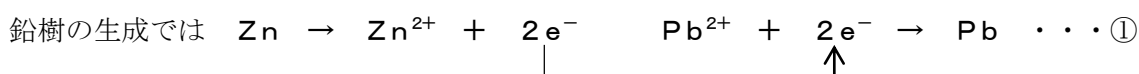
留意点

【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）。

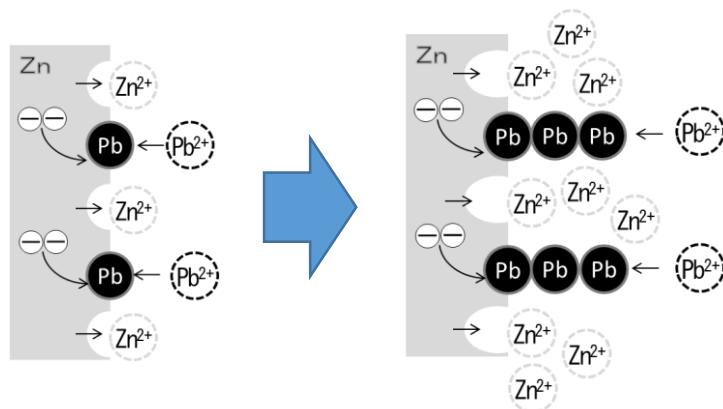
	AgNO_3	$\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$	MgSO_4	ZnSO_4	CuSO_4	HCl
Mg	+ (Mg > Ag)	+ (Mg > Pb)		+ (Mg > Zn)	+ (Mg > Cu)	+ (Mg > H)
Zn	+ (Zn > Ag)	+ (Zn > Pb)	- (Zn < Mg)		+ (Zn > Cu)	+ (Zn > H)
Cu	+ (Cu > Ag)	- (Cu < Pb)	- (Cu < Mg)	- (Cu < Zn)		- (Cu < H)

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。
- 金属樹を生成したる紙は、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 (0.1g) × () 班 = 小片 () 個 () g

銅板 小片 5, 6 個 (0.1g) × () 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 25g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($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$) 500gで2,100円程度
硫酸マグネシウム($MgSO_4 \cdot 7H_2O$) 500gで1,600円程度
硫酸銅(II) ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$) 500gで2,700円程度
酢酸鉛(II) ($Pb(CH_3COO)_2 \cdot 3H_2O$) 500gで4,900円程度
硝酸銀($AgNO_3$)は時価で高額である。



①



②



③



④



⑥



⑦下 ⑧上

25gで8,500円程度から。

当日のセット

☆生徒用

[器具]

<input type="checkbox"/> マイクロプレートのふた	1 個
<input type="checkbox"/> 食品包装用ラップ	1 枚
<input type="checkbox"/> ピンセット	1 個
<input type="checkbox"/> ビニール袋	半分
<input type="checkbox"/> 点眼瓶 (各種水溶液用)	7 個
<input type="checkbox"/> プラスチックカップ (金属板用)	3 個
<input type="checkbox"/> ろ紙	1/4 枚
<input type="checkbox"/> 黒いペン (油性か水性顔料)	1 本
<input type="checkbox"/> ルーペ	1 個
<input type="checkbox"/> プリント	1 枚

[薬品]

<input type="checkbox"/> マグネシウムリボン	小片 5 枚
<input type="checkbox"/> 亜鉛板	小片 5, 6 枚
<input type="checkbox"/> 銅板	小片 5, 6 枚
<input type="checkbox"/> 0.1mol/L $MgSO_4$ aq 硫酸マグネシウム水溶液	点眼瓶 1 本
<input type="checkbox"/> 0.1mol/L $ZnSO_4$ aq 硫酸亜鉛水溶液	点眼瓶 1 本
<input type="checkbox"/> 0.1mol/L $Pb(CH_3COO)_2$ aq 酢酸鉛(II)水溶液	点眼瓶 1 本
<input type="checkbox"/> 0.1mol/L $CuSO_4$ aq 硫酸銅(II)水溶液	点眼瓶 1 本
<input type="checkbox"/> 0.1mol/L $AgNO_3$ aq 硝酸銀水溶液	点眼瓶 1 本
<input type="checkbox"/> 2mol/L HCl 塩酸	点眼瓶 1 本
<input type="checkbox"/> 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。

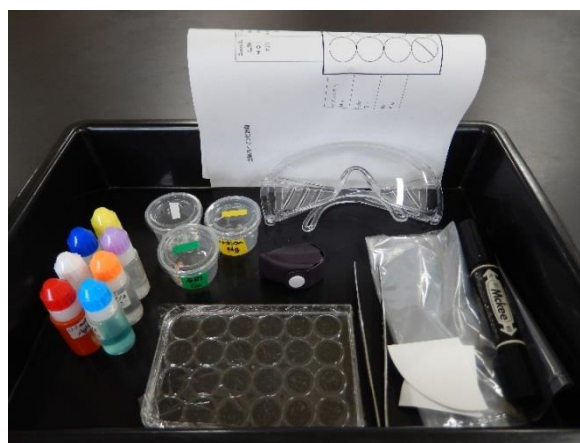
点眼瓶はビーカーなどで代用可。

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。



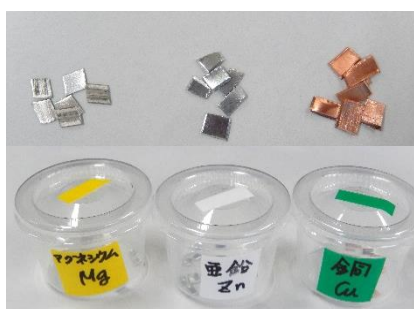
切る前に磨く

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 前後と考えると必要量を割り出す。

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

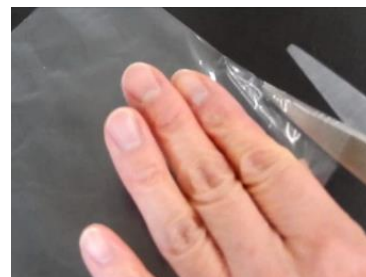
観察，実験の流れ

- 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】

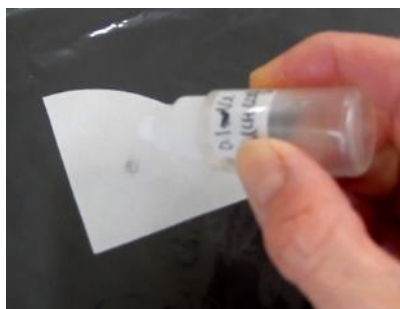
- ① ビニール袋の端を，一辺を残して切る。
- ② ビニール袋をめくり，ろ紙を置き，ろ紙に酢酸鉛水溶液をろ紙全体が十分に湿るように(20滴程度)滴下する。亜鉛板をろ紙上に置きその上に酢酸鉛水溶液を5,6滴滴下する。ビニール袋をかぶせ，手で軽く押さえて密着させる。静置し，観察する。観察は肉眼でも観察できるが，ルーペや双眼実体顕微鏡を用いるとより詳細に観察できる。

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

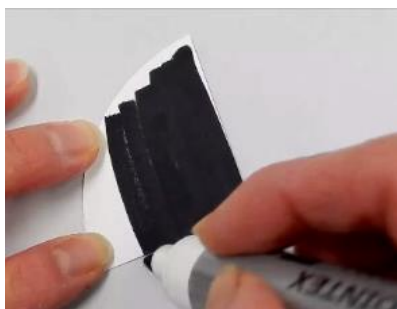


鉛樹約 30 分経過

【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

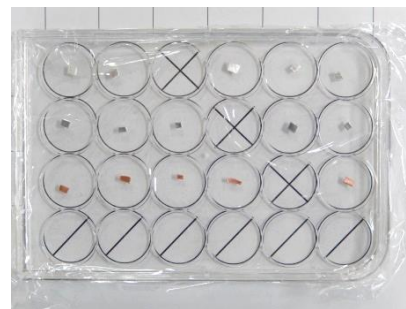


(2) - ① - 2

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

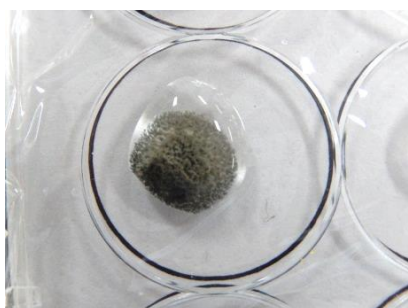
③ 硝酸銀等の試薬を金属片に2滴ずつ滴下し，様子を観察する。下記表に反応の様子を書く。図を用いてもよい。酢酸鉛(II)水溶液，硫酸亜鉛水溶液，硫酸マグネシウム水溶液は酸性であるため，金属との反応の際，金属の析出反応とともに，酸との反応で水素も発生するため，気泡が見られる場合もある。留意点参照。



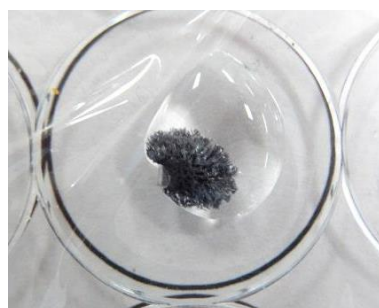
(2) - ③ - 1



(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。

