

## 2017「SSH化学実験書」目次

理論 1	物質の極性と溶解……………2	無機 1	水素と酸素・オゾン……………38
2	相対質量と粒子数……………5	2	硫黄とその化合物……………41
3	アボガドロ数の測定……………7	3	窒素化合物……………43
4	気体 1 mol の体積と アボガドロの法則……………9	4	ハロゲンとその化合物……………47
5	化学反応の量関係……………11	5	アルカリ金属とその化合物……………50
6	紫キャベツはカメレオン……………14	6	鉄イオンの反応……………53
7	中和滴定……………16	7	銅・銀とそのイオンの反応……………55
8	酸化還元反応……………19	8	金属イオンの分離……………58
9	金属のイオン化傾向……………23	有機 1	アセチレンの性質……………61
10	電気分解……………26	2	アルコールの性質……………63
11	凝固点降下……………29	3	アルデヒド・ケトン……………64
12	コロイド……………32	4	エステルの合成……………66
13	化学平衡……………35	5	サリチル酸の反応……………67
		6	タンパク質の呈色反応……………69

## 理論 1 物質の極性と溶解

### 【目的】

物質が溶解する場合、溶媒の構造と溶質の構造の間に、どのような関係があるかを調べる。

### 【準備】

器具：試験管(13本)，薬さじ，駒込ピペット(3本)

薬品：純水，ヘキサン  $C_6H_{14}$ ，塩化ナトリウム  $NaCl$ ，グルコース  $C_6H_{12}O_6$

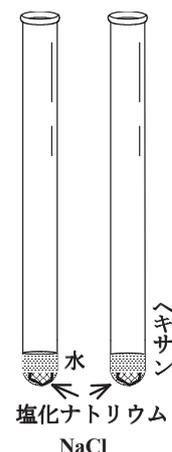
硫酸銅(II)五水和物  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ ，ナフタレン  $C_{10}H_8$ ，シクロヘキサン  $C_6H_{12}$

メタノール  $CH_3OH$ ，エタノール  $C_2H_5OH$ ，1-ブタノール  $C_4H_9OH$

### 【実験操作】

1. 塩化ナトリウム，ナフタレン，グルコースをそれぞれ2本の試験管に薬さじの小さじで1/2杯ずつとり，一方に水3mL，他方にヘキサン3mLを加えてよく振り，溶解するかを観察する。

	塩化ナトリウム	ナフタレン	グルコース
水			
ヘキサン			



2. 6本の乾いた目盛り付き試験管に下表の液体を1種類ずつとる。液体1を液体2の試験管にすべて移し，よく振り，混ざるか(均一になるか)を観察する。

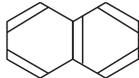
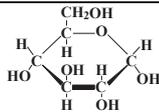
		①	②	③
液体1	4 mL	ヘキサン	ヘキサン	エタノール
液体2	5 mL	水	エタノール	水
混ざるかどうか				

3. 試験管に飽和食塩水を約10mLとり，これに駒込ピペットでエタノールを0.5mL加えた後，ガラス棒を差し込んですぐ引き上げる。しばらく静置して変化を観察する。変化が見られなければ，変化が見られるまで，エタノールを1滴ずつ加える。

変化

### 【考察】

	水	エタノール	ヘキサン
分子式			
構造式	$H-O-H$	$  \begin{array}{c}  H & H \\    &   \\  H-C & -C-O-H \\    &   \\  H & H  \end{array}  $	$  \begin{array}{ccccccc}  H & H & H & H & H & H \\    &   &   &   &   &   \\  H-C & -C & -C & -C & -C & -C-H \\    &   &   &   &   &   \\  H & H & H & H & H & H  \end{array}  $
極性の有無			
水素結合するか			

	ナフタレン	グルコース	
分子式			
構造式			
極性の有無			
水素結合するか			

2. 次の物質は、一般に極性溶媒と無極性溶媒のどちらに溶けやすいか。

イオン性物質 …………… ( ) 溶媒に溶けやすい。

極性のある物質 …………… ( ) 溶媒に溶けやすい。

極性の無い物質 …………… ( ) 溶媒に溶けやすい。

3. 操作 2-②のエタノールとヘキサンの混合結果について、なぜそうなるかを説明せよ。

4. 操作 3 の結果について、なぜそうなるかを説明せよ。

5. (発展) 次の現象を確認し、無水硫酸銅(Ⅱ)  $\text{CuSO}_4$  がなぜ析出するかを考えてみよう。

硫酸銅(Ⅱ)  $\text{CuSO}_4$  の飽和水溶液に、エタノールを加えると、無水硫酸銅(Ⅱ)  $\text{CuSO}_4$  が析出する。この溶液をろ過し、取り出した無水硫酸銅(Ⅱ)  $\text{CuSO}_4$  に水を加えると発熱して溶け、青色の水溶液になる。

### 【実験上の注意】

- ・ヘキサンなど有機溶媒を扱うときは、ドラフト内や通気のよい場所で行うこと。
- ・操作-2 では、見かけ上よく似た液体を使用するので、取り違えないよう試験管に色テープを貼るなどして区別するとよい。

### 【考察の記入例】

	水	エタノール	ヘキサン	ナフタレン	グルコース
極性の有無	有	有	無	無	有
水素結合するか	有	有	無	無	有

2. イオン性物質 …………… 極性溶媒に溶けやすい。

極性のある物質 …………… 極性溶媒に溶けやすい。

極性の無い物質 …………… 無極性溶媒に溶けやすい。

3. エタノールは炭化水素基(疎水性の部分)と水酸基(親水性の部分)があり、炭化水素基の部分がヘキサンと混ざりやすい構造をしているため、よく混ざる

4.  $\text{Na}^+$ や $\text{Cl}^-$ を水和していた水分子がエタノール分子に奪われたため、水和されなくなった $\text{Na}^+$ と $\text{Cl}^-$ が結合し、 $\text{NaCl}$ となって析出した。
5.  $\text{Cu}^{2+}$ や $\text{SO}_4^{2-}$ を水和していた水分子がエタノール分子に奪われたため、水和されなくなった $\text{Cu}^{2+}$ と $\text{SO}_4^{2-}$ が結合し、 $\text{CuSO}_4$ となって析出した。

## 理論 2 相対質量と粒子数

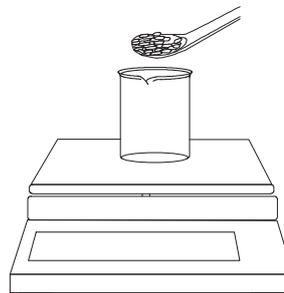
### 【準備】

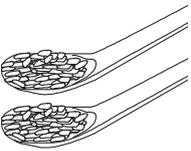
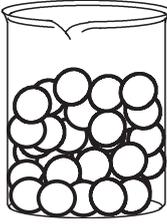
ビーカー (50mL, 3 個), 電子天秤, 電卓, 薬さじ, 米, 小豆(あずき), 大豆(だいず)

### 【実験操作】

次の 1 ~ 5 の操作を行い, 下の表に結果を記入する。

- 電子天秤にビーカーを載せ, 質量を 0 にする。
- 米, 小豆, 大豆をそれぞれ次の量ビーカーに取り, その質量を測定する。
  - ・米 …………… 薬さじ 2 杯
  - ・小豆 ……… ビーカーの半分程度
  - ・大豆 ……… ビーカーの 2/3 程度
- ビーカーにとった米, 小豆, 大豆の粒子数を数える。
- 米, 小豆, 大豆の各粒子 1 個当たりの質量を計算する(平均質量)。
- 小豆, 大豆の平均質量を, 米の平均質量で割る(相対質量)。
- 米, 小豆, 大豆を各物質の相対質量に g をつけた質量だけとり, その中に含まれる各物質の粒子数を数える。
- 下の表を完成させよ。



試料の種類		米	あずき	だいず
試料の量		薬さじ2杯 	ビーカーの半分 	ビーカーの2/3 
1	質量	g	g	g
2	粒子数	個	個	個
3	粒子1個の平均質量	g	g	g
4	粒子の相対質量※		12	
5	(相対質量)g中の粒子数	個	個	個

※相対質量・・・ある物質の質量を基準としたときの、それに対する他の物質の質量。

### 【考察】

- 米, 小豆, 大豆を, それぞれの各物質の相対質量に g をつけた質量だけ集めたとき, その質量中に含まれる各粒子の数にはどのような関係があるか。

2. 水素，炭素，酸素の各原子 1 個の質量が次に示されている。この値をもとにして，下の表を完成させよ。相対質量の基準は炭素原子の 12 とする。

	水 素 原 子	炭 素 原 子	酸 素 原 子
原子 1 個の質量	$1.67 \times 10^{-24} \text{ g}$	$1.99 \times 10^{-23} \text{ g}$	$2.66 \times 10^{-23} \text{ g}$
相対質量(原子量)※		12	
(相対質量) g 中の 原子数	1 g中の原子数	12 g中の原子数	16 g中の原子数

※ この値は各原子の原子量の概数にほぼ等しい。

3. 各原子量の値に g をつけた質量中に含まれる原子の数を ( ) という。また，その数を基準とした物質の量を示す単位を ( ) とする。

4. 実験で測定した米の質量より，米 1 mol の質量を求めよ。

\_\_\_\_\_ g

### 【実験上の注意】

操作 1 ・電子天秤の 0 に合わせる方法を伝える。誤って合わせるのを忘れた時は、理屈を伝えた上で後からビーカーの質量を引くように伝える。

操作 3 ・米の粒子数を数える際に、割れているものがあるので、その場合おおよその目安で「2 欠片で 1 粒」というように数えさせる。

操作 7 ・相対質量の計算の仕方は計算する前にクラス全体に教えておいた方が良い。

### 【考察の記入例】

1. 米，小豆，大豆を，それぞれの各物質の相対質量に g をつけた質量だけ集めたとき，その質量中に含まれる各粒子の数はおおよそ同じ値になる。
3. アボガドロ数、モル(mol)

# 理論 3 アボガドロ定数の測定

## 【準備】

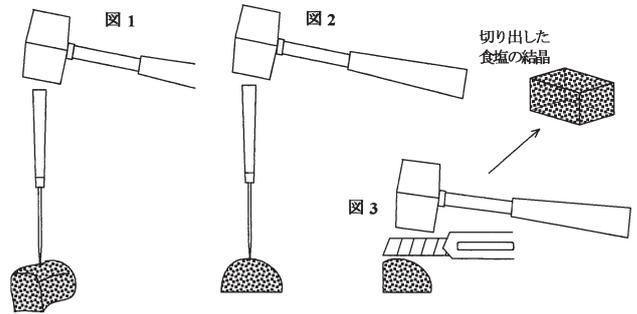
センターポンチ(千枚通し), 木槌, カッターナイフ, デジタルノギス, 電子天秤岩塩(食塩 塩化ナトリウム NaCl)

## 【実験操作】

### ＜岩塩から直方体の結晶をとりだす＞

岩塩は、天然に生成した塩化ナトリウムの固体である。塩化ナトリウムの結晶は立方体であり、その劈開面（へきかいめん）は互いに直交する。このことを利用して、岩塩から直方体の結晶をとりだすことができる。

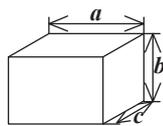
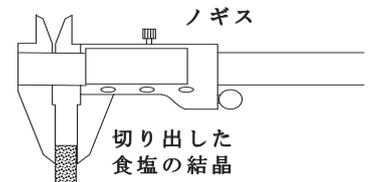
1. 岩塩に真上からセンターポンチをあて、木槌で軽くたたく（図1）。平らでツルツルした、透明な結晶面、第1劈開面が現れる。
2. 劈開面を下にして、岩塩を机の上に置く。岩塩に真上からセンターポンチをあて、木槌で軽くたたき（図2）、第2劈開面を出す。
3. 第1劈開面と第2劈開面が決まると、残りの劈開面は直交することから予想できる。第3～第6劈開面は、できるだけ大きい直方体が得られるように、長く出したカッターの刃を岩塩にあて、木槌でたたいてつくる（図3）。



※ きれいな直方体の形に切り出した岩塩の結晶を実験に使用する。

### ＜岩塩の結晶の体積と質量を調べる＞

4. ノギスを使って、結晶の3辺の長さを正確に測定する。肉眼で見て、欠けたり、突起がない部分の長さを測定する。



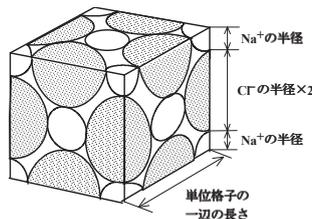
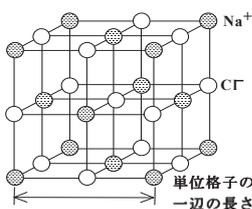
3辺の長さ  $a$  mm  $b$  mm  $c$  mm

結晶の体積  $a \times b \times c = (d) \text{mm}^3 = (d) \times 10^{-3} \text{cm}^3$

5. 電子天秤で、岩塩の結晶の質量を正確に測定する。  $w$  g

## 【結果のまとめ】

下図は塩化ナトリウムの単位格子（結晶構造の繰返しの最小単位）を表している。結晶中でナトリウムイオン  $\text{Na}^+$  と塩化物イオン  $\text{Cl}^-$  は交互に並んでいる（岩塩型結晶格子）。



$\text{Na}^+$  のイオン半径  
...  $1.16 \times 10^{-8} \text{cm}$

$\text{Cl}^-$  のイオン半径  
...  $1.67 \times 10^{-8} \text{cm}$

$$\begin{aligned}
 \text{食塩の単位格子の体積} &= \{(\text{Na}^+\text{のイオン半径} + \text{Cl}^-\text{のイオン半径}) \times 2\}^3 \\
 &= \{(1.16 \times 10^{-8} + 1.67 \times 10^{-8}) \times 2\}^3 \\
 &= 1.81 \times 10^{-22} \text{cm}^3
 \end{aligned}$$

1. 実験で切り出した岩塩の結晶中に含まれる NaCl 単位 の数  $n$  を求める。ただし、単位格子に含まれる NaCl 単位は 4 個分である。

頂点に位置する粒子は 1/8 個分、辺上に位置する粒子は 1/4 個分  
 面上に位置する粒子は 1/2 個分、中心に位置する粒子は 1 個分含まれる

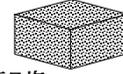


単位格子

$$1.81 \times 10^{-22} \text{cm}^3 \Rightarrow (\text{d}) \times 10^{-3} \text{cm}^3$$

4 個

$n$  個



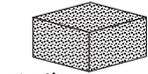
天日塩

$$\text{単位格子の体積 : 4 個} = \text{岩塩の結晶の体積 : } n \text{ 個}$$

(3 桁まで求める)

$$\therefore n = 4 \times \frac{\text{岩塩の結晶の体積}}{\text{単位格子の体積}} = 4 \times \frac{(\text{d}) \times 10^{-3}}{1.81 \times 10^{-22} \text{cm}^3} =$$

2.



天日塩

食塩 58.5 g (= 1 mol) 中に含まれる NaCl の数  $N$  を求める。

(原子量 Na 23.0, Cl 35.5)

岩塩の結晶の質量

$$(w) \text{g} \Rightarrow 58.5 \text{g}$$

$n$  個

$N$  個

$$(w) \text{g} : n = 58.5 \text{g} : N$$

↑  
1 の  $n$  の値

アボガドロ定数 (2 桁まで求める)

$$N = \frac{58.5}{(w)} \times (\quad) = (\quad) / \text{mol}$$

### 【考察】

1. 実験で作った岩塩の結晶に含まれる塩化ナトリウム NaCl の物質量は何 mol か。
2. 実験で求めたアボガドロ数が、 $6.0 \times 10^{23}$  からずれた場合、その原因を考えよ。

### 【実験上の注意】

操作 1, 2, 3

センターポンチ (千枚通し), 木槌, カッターナイフを使うためけがには細心の注意を払って実験させる。

操作 3 ・カッターナイフを当てるときに、きれいな直方体になるように考えて実験させる。

### 【考察の記入例】

2. 向かい合う面が平行になっていない等で、体積の値がずれていたということが考えられる。

## 理論 4 気体 1 mol の体積とアボガドロの法則

【準備】メスシリンダー(100mL)，電子天秤，水槽，ビニール誘導管，気体ボンベ(酸素  $O_2$ ，ブタン  $C_4H_{10}$ )

### 【実験操作】

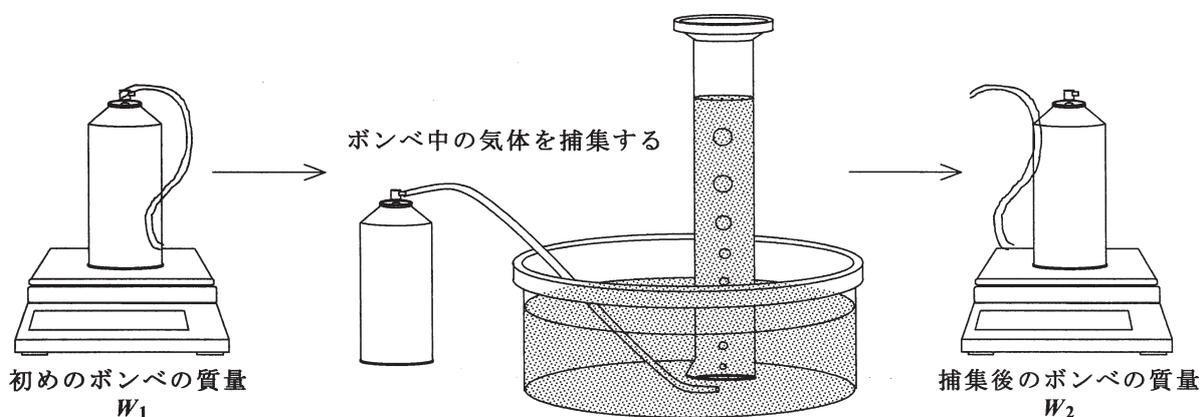
＜気体の体積と質量の測定＞

酸素，ブタンについて，それぞれ操作 1～4 を行い，体積と質量を測定する。

1. ボンベとビニール誘導管を合わせた質量を電子天秤で測定する。(  $W_1$  )
2. 水を満たしたメスシリンダーを水槽に倒立させ，気体ボンベに装着したビニール管をメスシリンダー内に差し込む。
3. ボンベの栓を押し下げ，水上置換で各気体を 150 mL～200 mL 程度捕集し，体積を正確に読みとる。

※ メスシリンダーの目盛りを読み取る際には，メスシリンダー内の水面の高さと，水槽の水面の高さを揃えてから読む。

4. 気体放出後のボンベとビニール誘導管を合わせた質量を測定する。(  $W_2$  )



○ 分子量を計算し，酸素，ブタンの 1 mol の質量を求めておこう。

H=1.0、C=12、O=16

	酸素 $O_2$	ブタン $C_4H_{10}$
気体 1 mol の質量	g	g

## 【結果のまとめ】

1. 測定結果を下の表にまとめよ。

	酸素O <sub>2</sub>			ブタンC <sub>4</sub> H <sub>10</sub>		
	1回目	2回目	3回目	1回目	2回目	3回目
気体捕集前のボンベの質量 (W <sub>1</sub> ) g						
気体捕集後のボンベの質量 (W <sub>2</sub> ) g						
捕集した気体の質量 (W <sub>1</sub> - W <sub>2</sub> ) g						
3回の平均質量 g						
捕集した気体の体積 mL						
3回の平均体積 mL						

2. 1の「捕集した気体の質量と体積」, および求めておいた「気体 1 mol の質量」の値をもとに, 各気体 1 mol の体積 (この実験の温度・圧力のもとでの体積) を計算せよ。

	酸素O <sub>2</sub>	ブタンC <sub>4</sub> H <sub>10</sub>
気体1 molの体積	L	L

3. 体積は温度によって変化する。0℃の体積は次の式から求められる。

$$\frac{\text{ある気温の体積}}{0^\circ\text{Cの体積}} = \frac{273 + \text{気温}}{273 + 0} \quad 0^\circ\text{C、1気圧の体積は} \underline{\hspace{2cm}} \text{L}$$

## 【考察】

1. 【結果とまとめ】3の関係から, 同じ物質量の気体 (同じ個数の分子を含む気体) の体積について, どのようなことがいえるか。

2. 1の事実は, アボガドロの法則といわれる。アボガドロの法則を記せ。

## 【実験上の注意】

操作3・気体をメスシリンダー内に集めるときに気体が漏れないように注意させる。

操作4・ビニール誘導管が濡れていると誤差が生じるので、付着した水を拭いてから質量を測定させる。

## 【考察の記入例】

1. 同温・同圧下で同じ物質量の気体を集めると、気体の種類に関係なく、同体積となる。

2. 同温同圧の下で、同体積の気体には気体の種類に関係なく同数の分子が含まれる。

## 理論 5 化学反応における量的関係

【準備】 ビーカー(50 mL×6), メスシリンダー(10 mL), 電子天秤, 薬包紙, 薬さじ, ガラス棒, 駒込ピペット, 塩酸 HCl(5.0 mol/L), 炭酸カルシウム CaCO<sub>3</sub>

### 【実験操作】

1. 電子天秤に薬包紙を載せ, 質量表示を 0 にした後, 炭酸カルシウム CaCO<sub>3</sub> を次の各質量ずつ測る。±0.05 g の範囲に収まるように。

① 約 1.0 g    ② 約 2.0 g

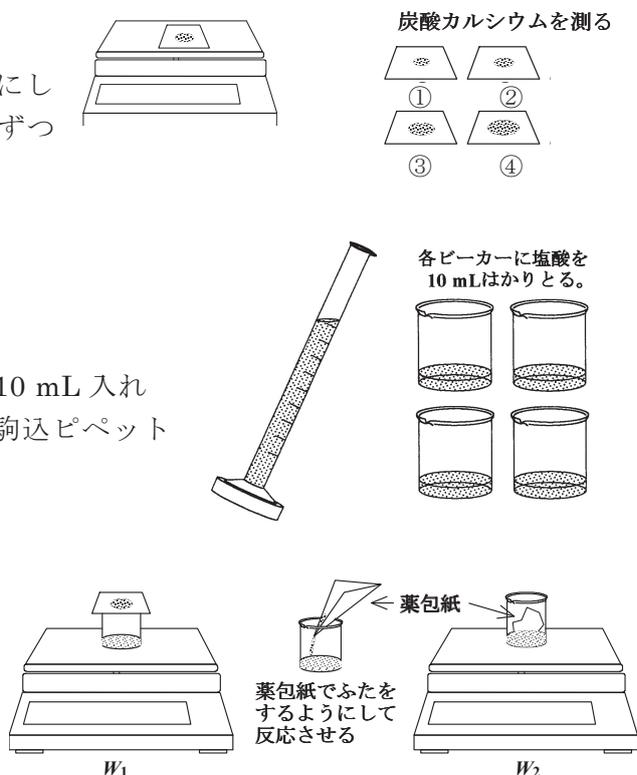
③ 約 3.0 g    ④ 約 4.0 g

それぞれの質量は小数第 2 位まで記録する。

2. 4 個のビーカーに塩酸 HCl をそれぞれ 10 mL 入れる。メスシリンダーの液面をあわせるのに駒込ピペットを用いるとよい。

3. 図のようにして, 電子天秤で, 反応前の全質量(W<sub>1</sub>)を測定する。

各ビーカーの質量は異なるので, 炭酸カルシウムとの組合せを間違えないように注意する。



4. 炭酸カルシウムを塩酸の中に少しずつ加え, ビーカーを軽く振り, 最後まで反応させる。その後, 薬包紙も塩酸の中に入れ, 薬包紙についている炭酸カルシウムも全部反応させる。

電子天秤に, 薬品や飛沫がかからないよう, 電子天秤から離れた場所で一連の実験操作を行う。

5. ビーカーを軽く振って泡が出なければ, 反応後の全質量(W<sub>2</sub>)を測定する。

6. 質量保存の法則から発生した CO<sub>2</sub> の質量 (W<sub>1</sub> - W<sub>2</sub>) が分かる。

7. 反応溶液中に, 未反応の炭酸カルシウムが残っているかどうかを観察する。

### 【結果のまとめ】

CaCO <sub>3</sub> の質量	① (約1 g)	② (約2 g)	③ (約3 g)	④ (約4 g)
	g	g	g	g
反応前の全質量 (W <sub>1</sub> )	g	g	g	g
反応後の全質量 (W <sub>2</sub> )	g	g	g	g
発生したCO <sub>2</sub> の質量 (W <sub>1</sub> - W <sub>2</sub> )	g	g	g	g
未反応のCaCO <sub>3</sub> の有無	有・無	有・無	有・無	有・無

【考察】

1. C = 12, O = 16, Ca = 40 より  $\text{CaCO}_3$  (式量) =   $\text{CO}_2$  (分子量) =   
 5.0 mol/L の塩酸 10 mL 中の HCl の物質量 =  mol

2. これらを用いて、実験のデータを次の表に整理せよ。(小数第 3 位まで求めよ。)

	①	②	③	④
$\text{CaCO}_3$ の物質量 (mol)	mol	mol	mol	mol
$\text{CO}_2$ の物質量 (mol)	mol	mol	mol	mol
HCl の物質量 (mol)				

3. 実験に用いた  $\text{CaCO}_3$  と発生した  $\text{CO}_2$  の物質量の関係をグラフに示せ。

4. HCl 0.050 mol とちょうど反応する  $\text{CaCO}_3$  の物質量は何 mol か。

\_\_\_\_\_ mol

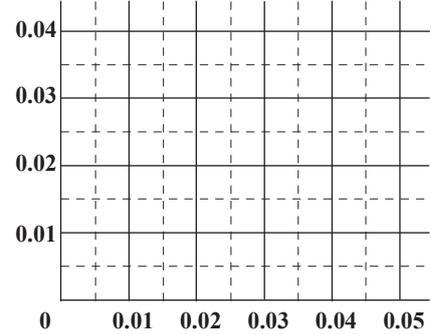
5. 考察 4 の値から、過不足なく反応した  $\text{CaCO}_3$  と HCl, 発生した  $\text{CO}_2$  の物質量 (mol) の比を求めよ。

$\text{CaCO}_3 : \text{HCl} : \text{CO}_2 =$   :  :   
 :  :

6. 炭酸カルシウム  $\text{CaCO}_3$  と塩酸 HCl の化学反応式の係数を求め、5 の実験結果と比較し、分かることを書け。



$\text{CO}_2$  の物質量 (mol)



$\text{CaCO}_3$  の物質量 (mol)

【実験上の注意】

操作 1, 3・天秤の上に試薬をこぼさないように注意させる。

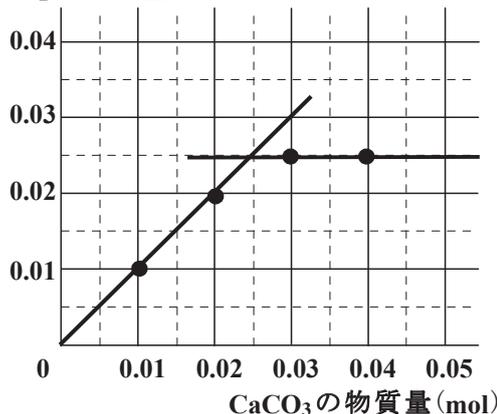
操作 2・メスシリンダー内の塩酸がメスシリンダー内に残らないように注意させる。

操作 5・気体が発生している間は反応しきっていないので、手で振り混ぜながら、気体が発生しなくなるまで反応させる。

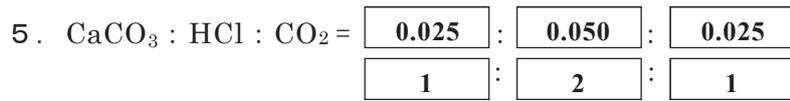
【考察の記入例】

1.  $\text{CaCO}_3$  (式量) = 100  $\text{CO}_2$  (分子量) = 44  
 5.0 mol/L の塩酸 10 mL 中の HCl の物質量 = 0.050 mol  
 3.

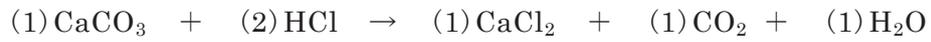
$\text{CO}_2$  の物質量 (mol)



4. 0.050 mol



6. 炭酸カルシウム  $\text{CaCO}_3$  と塩酸  $\text{HCl}$  の化学反応式の係数を求め、5の実験結果と比較し、分かることを書け。



反応物、生成物のモル比は反応物の係数の比にほぼ等しい。

## 理論 6 紫キャベツはカメレオン

### 【準備】

器具：試験管(16本)，目盛り付試験管(1本)，駒込ピペット(2本)，ガラス棒  
三脚，金網，ガスバーナー，ビーカー(100mL，2個)，点火器具

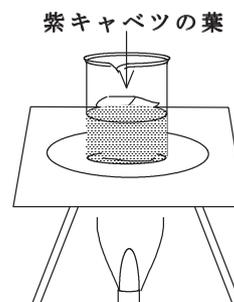
薬品：塩酸 HCl (0.1mol/L)，水酸化ナトリウム NaOH 水溶液 (0.1mol/L)  
食酢，レモン汁，石けん水，紫キャベツ

### 【実験操作】

#### <紫キャベツの色素の抽出>

1-① 100mL のビーカーに，紫キャベツの葉と水 50mL をとり，加熱し，約 5 分間煮沸する。

1-② 紫キャベツの色素抽出溶液を別のビーカーにとる。



#### <いろいろな pH の溶液の作成>

2-① 試験管 13 本に A～M の記号をつける。A の試験管に塩酸を 10mL とる。

2-② B の試験管に，A の試験管より塩酸を 1mL とる。目盛り付き試験管に水を 9mL とり，B の試験管に加え，塩酸の濃度を 1/10 にする。駒込ピペットで溶液の吸引，排出を 3 度繰り返す，試験管の溶液をかくはんし，ピペットの共液洗浄を行う。

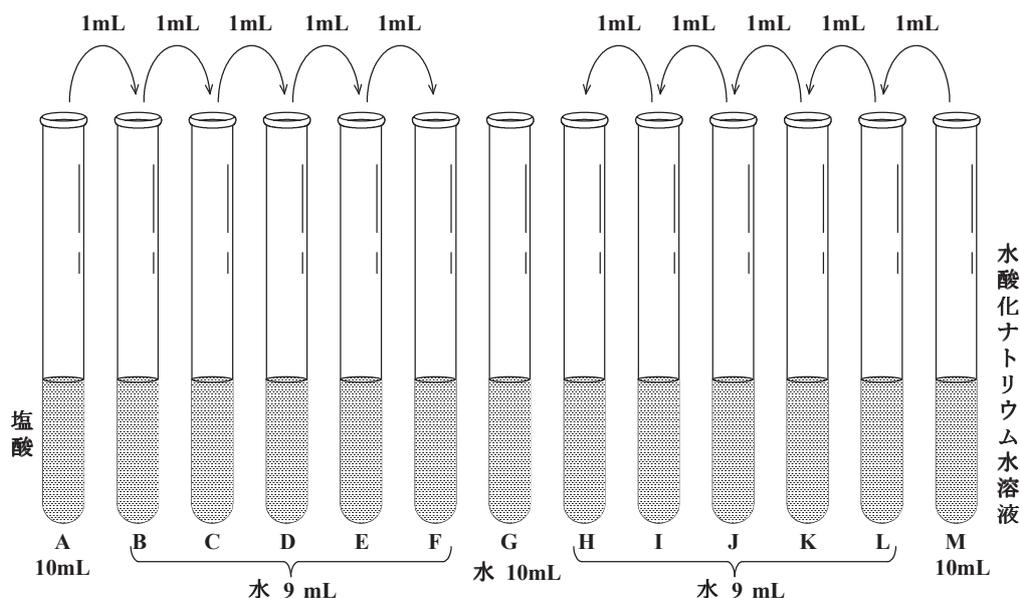
2-③ C～F の試験管について 2-② と同様の操作を行い，順次，濃度を 10 倍ずつ薄める。

2-④ G の試験管には水を 10mL とる。

2-⑤ M の試験管に水酸化ナトリウム水溶液を 10mL とる。

2-⑥ L の試験管に，M の試験管より水酸化ナトリウム水溶液を 1mL とる。水を 9mL 加え，水酸化ナトリウム水溶液の濃度を 1/10 にする。駒込ピペットで溶液の吸引，排出を 3 度繰り返す，試験管の溶液をかくはんし，ピペットの共液洗浄を行う。

2-⑦ K～H の試験管について 2-⑥ と同様の操作を行い，順次，濃度を 10 倍ずつ薄める。



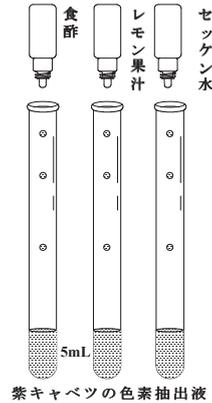
<色素による色の変化を調べる>

3. 操作2のA～Mの試験管に、紫キャベツの色素を1mLずつ加えて色の変化を見る。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
溶液のpH													
溶液の液性													
溶液の色													

<いろいろな試料の酸性、塩基性の強さ>

4. 3本の試験管に紫キャベツの色素抽出溶液を5mLとり、食酢、レモン果汁、石けん水を3滴加え、各試験管の溶液の色を操作3の試験管の色と比べ、同じ色の試験管の記号および液性を下の表に記入する。



	同色の試験管の記号	溶液のpH	溶液の液性
食酢			
レモン果汁			
セッケン水			

【考察】

1. 紫キャベツのように水溶液が酸性、塩基性で色が変わる物質は、他にどのようなものがあるか。
2. 食酢とレモン果汁とでは、どちらの方が酸性が強いのか。

【実験上の注意】

操作1-① 紫キャベツが高価になる時期もあるので、安価な時に購入して、濃いめの抽出液を冷凍保存しておいてもよい。その際、製氷皿に入れておくと必要量を取り出せるので便利である。冷蔵庫に保存していても、夏期などは2～3日で腐ってカビが生えるので注意する。

紫キャベツのかわりに、ナスの皮の抽出液や紫イモの抽出液などでも代用できる。しかし、紫キャベツが最も扱いやすく、実験に適している。色を濃くしたい場合は、紫キャベツの抽出液の量を増やし、その分水道水を増やす。

また、煮沸しなくても、事前に紫キャベツを細かく刻んで冷凍しておき、実験時に水を適量加えて解凍しても、ある程度の濃さの抽出液が得られる。

【考察の記入例】

1. 紅茶・緑茶・ナスの皮・赤シソ・紫イモ
2. レモン汁

## 理論 7 中和滴定

【準備】 メスフラスコ(100 mL), ビュレット(50 mL), ビュレット台, コニカルビーカー×2, ホールピペット(10 mL)×2(赤:食酢用, 黒:シュウ酸用1), ビーカー(100 mL), ガラス棒, マグネチックスターラー, 0.0500 mol/L シュウ酸標準溶液, 約 0.1 mol/L NaOH 水溶液, フェノールフタレイン, 食酢

### 【実験操作】

#### 1. 食酢を 10 倍に薄める

- ① 食酢をホールピペット(赤)で 10 mL 吸い上げ, メスフラスコに入れる。
- ② 純水を標線の少し下まで入れ, 栓をしてフラスコを数回上下入れ替えてよく振り, 全体が一様の液になるようにした後, さらに純水を標線まで正確に加え, 100 mL の溶液を作る。

注1 こぼしたり, 標線を超えたりしないようにすること。

#### 2. ビュレットに約 0.1 mol/L NaOH 水溶液を入れる

- ① ビュレットにろうとをつけ, 約 0.1 mol/L NaOH 水溶液を, 一番上部の 0 の目盛りより少し上まで入れる。

注2 ろうとを少し上げて, 空気の抜け道を作り, ゆっくり入れること。目にはいと失明の恐れあり。目の高さより上で作業しないこと。こぼれた場合はすぐに教員に申し出ること。

- ② ビュレットの下にビーカーを置き, ビュレット先端部に残っている空気を追い出すため, コックを開けて NaOH 水溶液を勢いよく流し出す。このとき液面が 0 以下の目盛りのある部分まで下がっていることを確認する。

注3 最初の目盛は 0.00 でなくてもよい。ビーカーは廃液用なので, 他の器具でも代用できる。

#### 3. シュウ酸標準溶液を用いて, NaOH 水溶液の濃度を決定する。

- ① 0.0500 mol/L シュウ酸標準溶液をホールピペット(赤)で 10 mL 吸い上げ, コニカルビーカーに
- ② ぬるま湯の目盛りを読む。フェノールフタレインを 2 滴入れる。  
・滴定前の目盛り a (小数第 2 位まで読む)
- ③ ビュレットから NaOH 水溶液を滴下する。液がかすかに赤く変色して, その色が消えなくなったところで滴下をやめ, ビュレットの目盛りを読む。  
・滴定後の目盛り b (小数第 2 位まで読む)
- ④ ①～③の操作を別の生徒が行い, 2 回分のデータをとる。

#### 4. 3 で濃度の決定した NaOH 水溶液を用いて, 薄めた食酢の濃度を決定する。

- ① ホールピペット(赤)を純水で軽く洗った後, 10 倍に薄めた食酢を少し吸い上げて共洗いをする。(共洗いは一人目だけでよい)
- ② 共洗いをしたホールピペット(赤)で, 10 倍に薄めた食酢を 10 mL 吸い上げ, コニカルビーカーに入れ, スターラーチップを入れる。フェノールフタレインを 2 滴入れる。
- ③ ビュレットの目盛りを読む。  
・滴定前の目盛り a (小数第 2 位まで読む)
- ④ ビュレットから NaOH 水溶液を滴下する。液がかすかに赤く変色して, その色が消えなくなったところで滴下をやめ, ビュレットの目盛りを読む。  
・滴定後の目盛り a (小数第 2 位まで読む)
- ⑤ ②～④の操作を別の生徒が行い, 2 回分のデータをとる。

【結果】 目盛りは小数第2位まで読むこと

	3. NaOHの滴定		4. 薄めた食酢の滴定	
実験者出席No 氏名	1回目 ( )番	2回目 ( )番	1回目 ( )番	2回目 ( )番
滴定前の目盛り a	mL	mL	mL	mL
滴定後の目盛り b	mL	mL	mL	mL
滴定に要したNaOHの 体積 b-a	mL	mL	mL	mL
平均 (小数第2位まで)	mL	mL	mL	mL

注4 2回のデータに大きな差があるときは、もう一度行うこと。

【考察】

1. 酢酸と水酸化ナトリウムが中和するときの反応式を書け。

2. 3の結果から、NaOH水溶液の濃度は何 mol/L か。式も書き、有効数字3桁で求めよ。

\_\_\_\_\_ mol/L

3. 4の結果から、元の食酢のモル濃度は何 mol/L か。式も書き、有効数字3桁で求めよ。  
(実験は10倍に薄めた食酢を用いているので、まずそのモル濃度を求めてから10倍すること。)

\_\_\_\_\_ mol/L

4. もとの食酢 (密度 1.02 g/cm<sup>3</sup>) 中に含まれる酢酸 (CH<sub>3</sub>COOH=60.0) の質量パーセント濃度は何%か。式も書き、有効数字3桁で求めよ。

\_\_\_\_\_ %

## 【実験上の注意】

操作 1. ① 安全ピペッターにホールピペットを差し込む際に、ホールピペットが折れて手をけがするのを防ぐために、差し込む部分の根元を持って装着させる。また、入れすぎないように注意する。

- ② ・ 標線まで最後の調整を行う際は、ピペットで調整させる。  
・ 溶液を調整し、上下入れ替えて振る際に、溶液が泡立たないように注意する。

操作 2. ① 水酸化ナトリウム水溶液を入れる際に、漏斗の位置が立った時の目線よりも高いと、こぼれた時に危険なので、入れるのは椅子の上、あるいは地面に置き、目線よりも低くした状態で入れさせる。

操作 3 ①. 操作 4 ①

フェノールフタレインを加えるときは、加える量を一定にするために、瓶を垂直に立てて加えるようにさせる。

操作 3 ②. 操作 4 ②

滴定させる際に、一滴ずつ加え続けると、時間がかかるので、おおよその値を教えて、そこまでは一気に入れさせて、そのあと、一滴ずつ慎重に滴定させるのが良い。

## 【考察の記入例】



2. 約 0.100 mol/L

3. 約 0.700 mol/L

4. 約 4.13 %

## 理論 8 酸化還元反応

【準備】 過マンガン酸カリウム水溶液(0.02 mol/L  $\text{KMnO}_4$  aq), 亜鉛 (Zn 粉末と華状), ヨウ化カリウム水溶液(0.1 mol/L  $\text{KI}$  aq), 過酸化水素水(3%  $\text{H}_2\text{O}_2$  aq), 塩化鉄(III)水溶液 (0.1 mol/L  $\text{FeCl}_3$  aq), 硫酸鉄(II)水溶液 (0.1 mol/L  $\text{FeSO}_4$  aq), 硫酸水溶液 (1 mol/L  $\text{H}_2\text{SO}_4$  aq), ヨウ素ヨウ化カリウム水溶液(うすい  $\text{I}_2\text{-KI}$  aq ), 駒込ピペット, 試験管, ゴム栓付きガラス管, 銅線 (らせん状)

### 【実験操作】

1. 右図のように塩酸と亜鉛を反応させ、試験管に水素を十分に集める。銅線を赤熱後、炎から出し、赤色が消えたらすぐに試験管の下からすばやく入れる。銅線表面と試験管の内壁を観察する。

・銅線の変化

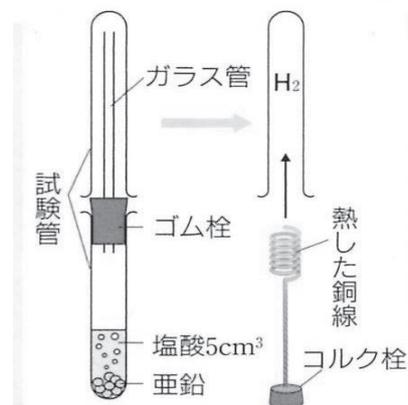
\_\_\_\_\_

・試験管内壁の様子

\_\_\_\_\_

・銅線と水素の反応式

\_\_\_\_\_



2. 試験管に葉さじ(小)1杯分の Zn 粉末をとり、 $\text{I}_2\text{-KI}$  水溶液 3 mL を加える。

・反応の様子 \_\_\_\_\_

3. 試験管に  $\text{FeCl}_3$  水溶液を 2 mL 取り、 $\text{KI}$  水溶液 1 mL を加える。

・反応の様子 \_\_\_\_\_

4. 試験管に  $\text{FeSO}_4$  aq 水溶液 2 mL と硫酸 1 mL を取り、 $\text{H}_2\text{O}_2$  水 2 mL を加える。

・反応の様子 \_\_\_\_\_

5. 試験管に  $\text{KI}$  水溶液を 2 mL と硫酸 1 mL を取り、 $\text{H}_2\text{O}_2$  水 2 mL を加える。

・反応の様子 \_\_\_\_\_

6. 試験管に  $\text{KMnO}_4$  水溶液 2 mL と硫酸 1 mL を取り、 $\text{KI}$  水溶液を 2 mL 加える。

・反応の様子 \_\_\_\_\_

7. 試験管 2 本に  $\text{KMnO}_4$  水溶液 2 mL を取り，一方には硫酸 1 mL を加え酸性とし，もう一方には硫酸は入れず中性のままとし，それぞれに  $\text{H}_2\text{O}_2$  水を 2 mL ずつ加え，酸性条件と中性条件での反応の様子の違いを観察する。（気体発生の有無にも注意すること。）

・反応の様子

(酸性条件) \_\_\_\_\_

(中性条件) \_\_\_\_\_

<参考> 実験 2 ~ 7 で使用した物質が酸化剤，還元剤としてはたらくときの半反応式。

酸化剤	還元剤
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ <math>\text{I}_2</math> : <math>\text{I}_2 + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{I}^-</math></li> <li>・ <math>\text{H}_2\text{O}_2</math>(注) : <math>\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}</math></li> <li>・ <math>\text{FeCl}_3</math> : <math>\text{Fe}^{3+} + \text{e}^- \rightarrow \text{Fe}^{2+}</math></li> <li>・ <math>\text{KMnO}_4</math> (硫酸酸性) <math>\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ + 5\text{e}^- \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}</math> (中性塩基性) <math>\text{MnO}_4^- + 2\text{H}_2\text{O} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{MnO}_2 + 4\text{OH}^-</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ <math>\text{KI}</math> : <math>2\text{I}^- \rightarrow \text{I}_2 + 2\text{e}^-</math></li> <li>・ <math>\text{H}_2\text{O}_2</math>(注) : <math>\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-</math></li> <li>・ <math>\text{FeSO}_4</math> : <math>\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+} + \text{e}^-</math></li> <li>・ <math>\text{Zn}</math> : <math>\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-</math></li> </ul> <p>注 : <math>\text{H}_2\text{O}_2</math> は相手によって，酸化剤にも還元剤にもなる</p>

**【考察】**

1. それぞれの実験について，酸化剤，還元剤を下の表にまとめよ。

	1	2	3	4	5	6	7
酸化剤							
還元剤							

2. 実験 2, 3, 4 のイオン反応式を書き， $\text{I}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  を酸化力の大きい順に並べよ。

2		$\rightarrow$ ( ) > ( )
3		$\rightarrow$ ( ) > ( )
4		$\rightarrow$ ( ) > ( )

酸化力 (大) \_\_\_\_\_ > \_\_\_\_\_ > \_\_\_\_\_ (小)  
↓  
 反応から分かる酸化力の大小

3. 実験 5, 6 のイオン反応式を書け。

5	
6	

4. 実験 7 の化学反応式を酸性，中性それぞれについて書け。  
 次のページに作成過程を残しておくこと →→→

酸性	
中性	

5.  $\text{H}_2\text{O}_2$  が、実験 5 では KI に対して酸化剤、実験 7 では KMnO<sub>4</sub> に対して還元剤としてはたらくのはなぜか。下線部の I, Mn の酸化数から理由を説明せよ。

理由： \_\_\_\_\_

6. 実験 7 の反応式を作った過程

酸性

中性

### 【実験上の注意】

操作 1 ・銅を赤熱した状態で試験管内の水素の中に入れると、発火する恐れがあるので注意が必要である。しかし、冷ましすぎると反応しないので注意が必要である。

操作 2 ~ 7

・二種類の物質を混ぜる前に、どちらが酸化剤、還元剤であるのかを確認させ、また、反応後の変化を予想させた方がよい。そうでなければただ混ぜるだけの操作になってしまう。

### 【考察の記入例】

1.

	1	2	3	4	5	6	7
酸化剤	CuO	KI	FeCl <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	KMnO <sub>4</sub>	KMnO <sub>4</sub>
還元剤	H <sub>2</sub>	Zn	KI	FeSO <sub>4</sub>	KI	KI	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>



## 理論 9 金属のイオン化傾向

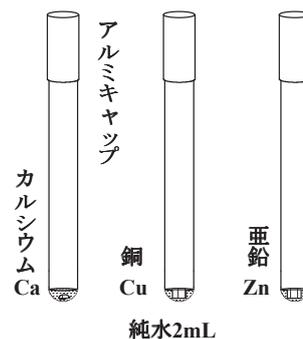
### 【準備】

試験管(6本), アルミキャップ(3個), ワニロクリップ付き導線(2本), 電圧計, ビーカー(50 mL), 点火器具, カルシウム Ca(1粒), 亜鉛 Zn(小片2, 板 2 cm×5 cm), 銅 Cu(小片3, 板 2 cm×5 cm), 鉄 Fe(板 2 cm×5 cm), 硝酸銀 AgNO<sub>3</sub>水溶液(0.1 mol/L), 硝酸鉛(II) Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>水溶液(0.1 mol/L), 硝酸カリウム KNO<sub>3</sub>水溶液(1 mol/L), 硫酸 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>(3 mol/L), 純水

### 【実験操作】

#### <金属と水, 金属と酸の反応>

- 1-① 3本の試験管に水を2 mLとり, これにカルシウム Ca, 亜鉛 Zn, 銅 Cuの小片を別々に入れ, アルミキャップをかぶせ, 変化を観察する。反応したのについてはアルミキャップをとり, 火を近づけて変化を見る。
- 1-② ①のうち, 反応しなかった試験管には, 硫酸 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>を2 mL加え, アルミキャップをし変化を観察する。反応したのについてはアルミキャップをとり, 火を近づけてみる。

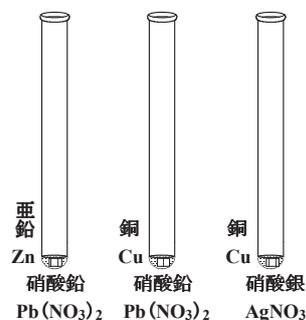


	Ca	Zn	Cu
水との反応			
希硫酸との反応			
発生した気体			

#### <金属と金属塩の水溶液の反応>

2. 右図の組合せで, 金属塩の水溶液 3 mL に金属片を入れ, 変化を観察する。

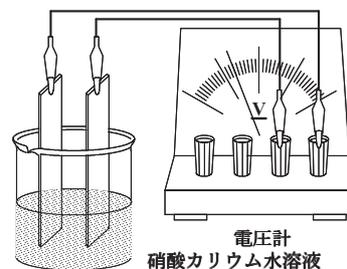
	ZnとPb <sup>2+</sup>	CuとPb <sup>2+</sup>	CuとAg <sup>+</sup>
変化の有無			
析出した単体			



#### <イオン化傾向と金属間の電位差>

- 3-① ビーカーに硝酸カリウム KNO<sub>3</sub>水溶液を約 30 mL とる。
- 3-② 電圧計の+端子に下欄の正極の金属板を, -端子に負極の金属板をそれぞれ接続する。二つの金属板を同時に 3-①の水溶液につけ, 素早く電圧計の値を 0.1 V まで読みとる。測定した最大の値を記入する。

正極の金属	金属間の電位差	負極の金属
(+) Cu	← →	Zn (-)
(+) Cu	← →	Fe (-)
(+) Fe	← →	Zn (-)



## 【考察】

1. 操作 1-①で見られる反応を化学反応式で示せ。

\_\_\_\_\_

2. 操作 1-①, 1-②の結果から,  $H_2$  よりイオンになりやすい金属はどれか。  
また, 1-②で希硫酸と反応した金属の変化を化学反応式で示せ。

$H_2$  よりイオンになりやすい金属 : \_\_\_\_\_

希硫酸との反応式 : \_\_\_\_\_

3. 操作 2 の結果から, (亜鉛 Zn と鉛 Pb), (鉛 Pb と銅 Cu), (銅 Cu と銀 Ag) では, それぞれどちらの方が陽イオンになりやすいと考えられるか。不等号で示せ。

Zn( )Pb          Pb( )Cu          Cu( )Ag

4. 操作 2 で見られる次の反応を, それぞれイオン反応式で示せ。

亜鉛と硝酸鉛(II) : \_\_\_\_\_

銅と硝酸銀 : \_\_\_\_\_

5. 操作 1 ~ 2 の結果から, カルシウム Ca, 亜鉛 Zn, 銅 Cu, 鉛 Pb, 銀 Ag をイオン化傾向の大きい順に並べよ。

大 ← ( ) > ( ) > ( ) > ( ) > ( ) → 小

6. 操作 3 より, 次の各金属のイオン化傾向の大小を不等号で示せ。

Zn( )Fe          Fe( )Cu          Zn( )Cu

7. 考察 5 の結果と操作 3-②の結果を考え合わせると, 電池を作ったとき負極になる金属はイオン化傾向が大きい金属か, 小さい金属か。

\_\_\_\_\_ 金属

## 【実験上の注意】

操作 1-①, ②

・火を近づけるときに, 試験官の口を覗き込まないように注意する。

操作 3-②・しばらく溶液につけていると徐々に電圧が下がってくる。また, 1 回しか行えないので, 注意するように伝える。

## 【実験操作の空欄記入例】

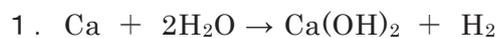
操作 1-②

	Ca	Zn	Cu
水との反応	○	×	×
希硫酸との反応	○	○	×
発生した気体	水素	水素	水素

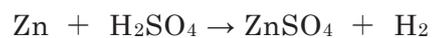
操作 2

	ZnとPb <sup>2+</sup>	CuとPb <sup>2+</sup>	CuとAg <sup>+</sup>
変化の有無	○	×	○
析出した単体	Pb		Ag

【考察の記入例】



2. H<sub>2</sub>よりイオンになりやすい金属：Ca, Zn



3. Zn ( > ) Pb                  Pb ( > ) Cu                  Cu ( > ) Ag

4. 亜鉛と硝酸鉛(Ⅱ)： $\text{Zn} + \text{Pb}^{2+} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + \text{Pb}$



5. 大 ← ( Ca ) > ( Zn ) > ( Pb ) > ( Cu ) > ( Ag ) → 小

6. Zn ( > ) Fe                  Fe ( > ) Cu                  Zn ( > ) Cu

7. 大きい金属

## 理論 10 電気分解

### 【準備】

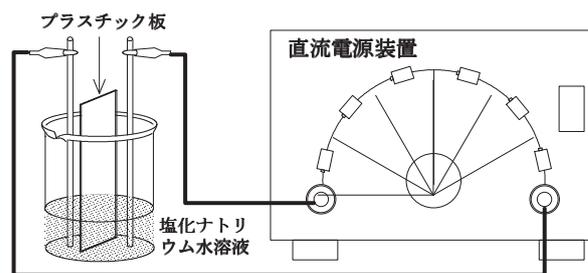
器具：直流電源、ワニ口クリップ付き導線(2本)、試験管(2本)、白金電極  
電圧計、ゴム栓(2個)、ガラス棒、ピンセット、誘導管(15cm程度)、点火器具  
ビーカー(50mL×2)、ホフマン型電解装置、プラスチック板(7cm×5cm)

薬品：塩化銅(Ⅱ)CuCl<sub>2</sub>水溶液(0.1mol/L)、水酸化ナトリウムNaOH水溶液(0.1mol/L)  
塩化ナトリウムNaCl水溶液(0.1mol/L)、ヨウ化カリウムデンプン紙  
フェノールフタレイン溶液、炭素棒(2本)、線香、純水

### 【実験操作】

#### <塩化ナトリウム水溶液の電気分解>

- 1-① ビーカーに塩化ナトリウム NaCl 水溶液を 30mL とり、フェノールフタレイン溶液を 1 滴加える。
- 1-② ビーカーの中央にプラスチック板を入れ、溶液を分け、それぞれに炭素棒を電極として浸し、直流電源に接続し 3V で 1 分間電気分解を行う。
- 1-③ 電極付近の溶液の色の变化を観察し、発生する気体のにおいを調べる。また、水で湿らせたヨウ化カリウムデンプン紙を陽極に近づけて变化を観察する。



溶液の色の变化

---

電極付近の様子と気体のにおい

---

ヨウ化カリウムデンプン紙の変化

---

#### <塩化銅(Ⅱ)水溶液の電気分解>

- 2-① ビーカーに塩化銅(Ⅱ)CuCl<sub>2</sub>水溶液を 30mL とる。
- 2-② 2本の炭素棒を溶液に浸して、直流電源に接続し 3V で 1 分間電気分解を行う。
- 2-③ 電気分解を行っている間、発生する気体のにおいを調べ、陰極の表面の色の变化を観察する。また、水で湿らせたヨウ化カリウムデンプン紙をピンセットではさみ、陽極に近づけて变化を観察する。

陰極表面の色の变化

---

気体のにおい

---

ヨウ化カリウムデンプン紙の変化

---



操作3-⑤ 陰極で発生した気体への点火には十分に気をつけさせる。試験管にほぼ一杯の水素が入っていると問題はないが、2/3程度であれば激しく燃焼する。事前に予備実験をしておきたい。

### 【結果】

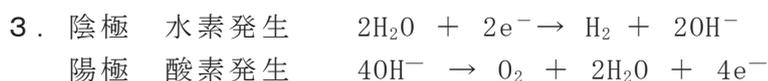
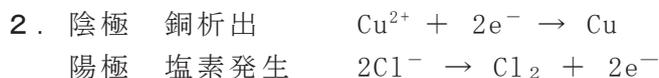
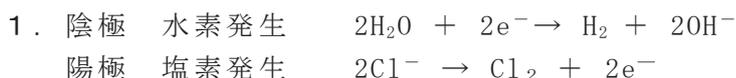
操作1 フェノールフタレインの色は、陰極付近では赤くなかったが、陽極付近では変化はなかった。陽極付近では、水道のにおい(カルキ臭)がした。水で湿らせたヨウ化カリウムデンプン紙は、青色に変化した。

操作2 陰極表面の色は、黒色から赤銅色の金属光沢をもつようになった。陽極付近では、水道のにおい(カルキ臭)がした。水で湿らせたヨウ化カリウムデンプン紙は、青色に変化した。

操作3 15Vで約20分間電気分解すると、両極に気体が発生し、陰極では約30mL、陽極では約14mLの気体が捕集された。(ステンレス電極や炭素電極で行うと、O<sub>2</sub>は15mLより少なくなる。水素や酸素の電解液への溶解による誤差を少なくするためには、最初に1分程度電気分解して飽和させ、気体を抜いてから実験するとよい。)

火のついた線香を、陽極で得られた気体の中へ入れると、激しく燃えた。また、陰極で得られた気体に点火すると、軽い音をたてて燃えた。炎が試験管の下から上へ移動していくのが観察された。

### 【考察の記入例】



4. 水素 : 酸素 = 2 : 1

5. 陰極(一極)・・・還元反応      陽極(+極)・・・酸化反応

## 理論 11 凝固点降下

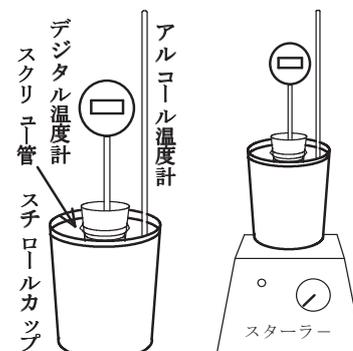
### 【準備】

器具：スクリュウ管(50mL)，メスシリンダー，スチロールカップ  
 デジタル温度計，アルコール温度計(-10℃まで測定できる温度計)  
 マグネティックスターラー，ゴム栓，ストップウォッチ，電子天秤，氷  
 薬品：純水，グルコース  $C_6H_{12}O_6$ ，塩化ナトリウム(食塩)  $NaCl$ ，尿素  $CO(NH_2)_2$

### 【実験操作】

#### <純水の凝固点の測定>

1. 乾いたスクリュウ管の質量を測定する。 $W_1$  \_\_\_\_\_ g
2. スクリュー管に純水を 20mL とり，質量を測定する。  
 $W_2$  \_\_\_\_\_ g 純水の質量  $W_2 - W_1$  \_\_\_\_\_ g
3. スクリュー管に回転子を入れ，デジタル温度計を付けたゴム栓をする。スクリュウ管をスチロールカップに入れ，スクリュウ管の周囲に氷と食塩を混ぜた寒剤をしっかりとめる。
4. ビーカーをスターラーに載せ，回転子を回転させる。
5. デジタル温度計の表示が 3℃以下になれば，15 秒ごとにスクリュウ管内の純水の温度を測定し，下の表に記入する。



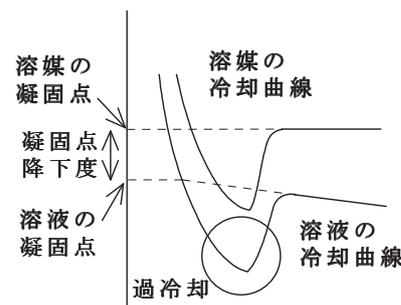
スクリュウ管はスチロールカップの底まで入れる。

※ 注意 ※ 寒剤中のアルコール温度計が，-10℃以下を示すように，寒剤を補充する。

6. 測定温度が 5~6 回一定になれば，測定を終了する。

#### <溶液の凝固点の測定>

7. スクリュー管を取り出し，水道水をかけて凝固した純水を融かす。純水に次の 3 種類の物質のいずれかひとつを加え，完全に溶解させる。
  - ・グルコース 0.90 g
  - ・塩化ナトリウム 0.60 g
  - ・尿素 0.60 g
8. 純水と同様に，溶液の凝固点を測定する。



### 【結果】

1. 溶媒(純水のみ)の温度降下の測定記録 水の質量 \_\_\_\_\_ g

時間(分)	開始	0'15	0'30	0'45	1'00	1'15	1'30	1'45	2'00	2'15	2'30	2'45	3'00	3'15
純水(℃)														
時間(分)	3'30	3'45	4'00	4'15	4'30	4'45	5'00	5'15	5'30	5'45	6'00	6'15	6'30	6'45
純水(℃)														

2. 溶液の温度降下の測定記録 溶質名( \_\_\_\_\_ ) \_\_\_\_\_ g/水 \_\_\_\_\_ g

時間(分)	開始	0'15	0'30	0'45	1'00	1'15	1'30	1'45	2'00	2'15	2'30	2'45	3'00	3'15
溶液(℃)														
時間(分)	3'30	3'45	4'00	4'15	4'30	4'45	5'00	5'15	5'30	5'45	6'00	6'15	6'30	6'45
溶液(℃)														

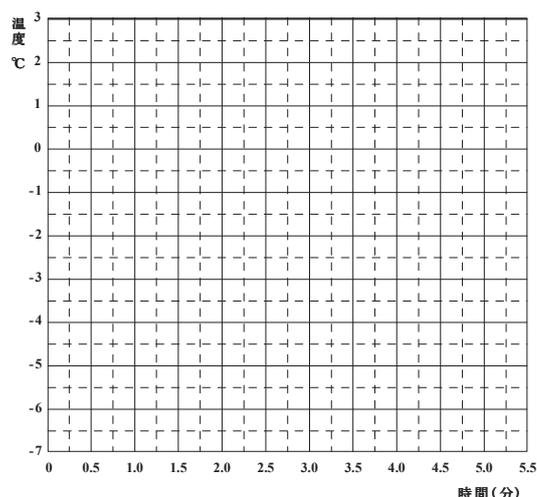
溶質名( ) g/水 g

時間(分)	開始	0'15	0'30	0'45	1'00	1'15
溶液(°C)						
時間(分)	1'30	1'45	2'00	2'15	2'30	2'45
溶液(°C)						
時間(分)	3'00	3'15	3'30	3'45	4'00	4'15
溶液(°C)						

溶質名( ) g/水 g

時間(分)	開始	0'15	0'30	0'45	1'00	1'15
溶液(°C)						
時間(分)	1'30	1'45	2'00	2'15	2'30	2'45
溶液(°C)						
時間(分)	3'00	3'15	3'30	3'45	4'00	4'15
溶液(°C)						

冷却曲線のグラフ(溶液ごとに色分け)



### 【考察】

1. 溶液の凝固点降下度  $\Delta T$  と質量モル濃度  $m$  [mol/kg] には次の関係が成立する。

$$\Delta T = K_f m \quad (K_f \text{ は溶媒のモル凝固点降下})$$

この関係を使って、下の表を完成させ、各溶質のモル質量を計算せよ。

純水の凝固点  $t_0$  °C (水のモル凝固点降下  $K_f = 1.85 \text{ K} \cdot \text{kg} / \text{mol}$ )

溶質の種類	グルコース	尿素	塩化ナトリウム
溶質の化学式			
溶液の凝固点 $t$ [°C]			
凝固点降下度 $\Delta T(t_0 - t)$ [K]			
溶質の質量 $w$ [g]			
純水の質量 $W$ [g]			
モル質量 $M = 1.85 \cdot \frac{1000 \cdot w}{\Delta T \cdot W}$ [g/mol]			
原子量から計算したモル質量 [g/mol]	180	60	58.5

2. 凝固点降下では、体積モル濃度ではなく、質量モル濃度を用いるのはなぜか。
3. 溶液の冷却では、凝固が始まった後も少しずつ温度が下がるのはなぜか。
4. 実験から求めた塩化ナトリウムのモル質量と、原子量から計算したモル質量が大きく異なるのはなぜか。
5. 実験結果より、塩化ナトリウムの電離度を求めよ。
6. 日常生活の中で、凝固点降下の現象はどのようなところで利用されているか。

### 【器具・薬品などの留意点】

1. 温度測定にはデジタル温度計を使用する方が、測定ミスが防げ、実験データも得やすい。

- 実験に用いる氷はできるだけ細かい方が効率的である。アイスクラッシャー(砕氷機)がなければ、家庭用かき氷機を用いて細かくするとよい。
- 溶液の凝固点の測定は、あらかじめ溶液を作っておき、その溶液の凝固点を測定してもよい。

### 【実験操作上の注意】

<純水の凝固点の測定>

操作1 回転子は小さすぎると、溶液のかくはんが十分に行われず、温度の測定値が不連続な値になる場合がある。

操作2 寒剤は、アイスクラッシャーやかき氷機で細かくした氷に、食塩を混合して作れば、容易に低温度の寒剤が作れる。バケツ等の中で、クラス分の氷と食塩をしっかりとスコップなどで混ぜておき、それから各班に分配してもよい。

寒剤にも、アルコール温度計をさし込み、寒剤の温度が $-5^{\circ}\text{C}$ 以下になるように注意する。特に食塩水の場合は寒剤の温度を $-10^{\circ}\text{C}$ 程度まで下げる必要がある。

操作3 回転子が常に同じ音で回っているように注意させる。

操作5 温度計の精度により、必ずしも、測定された純水の凝固点が $0^{\circ}\text{C}$ にならないが

凝固点降下度は温度差を調べるので、同じ温度計を使って測定されていれば、温度計のもつ誤差は関係ないことにも気づかせたい。

<溶液の凝固点の測定>

操作7 湯浴を用意し、凍ったサンプルビンの中身を融かしても良い。

操作8 実験時間に応じて、測定する溶液の数を決めると良い。1班で3種類はかれないときは、クラス全体でデータを共有する。

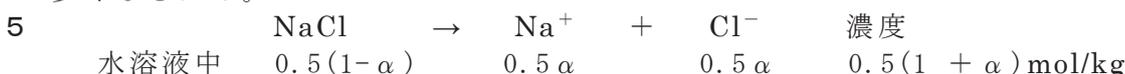
### 【考察】

測定結果、グラフより、次のようなデータが得られた場合について考える。

- 純水の凝固点  $t_0 = -0.3^{\circ}\text{C}$  (純水の密度  $1.0\text{g}/\text{cm}^3$ , 水のモル凝固点降下  $1.85\text{K}\cdot\text{kg}/\text{mol}$ )

溶質の種類	グルコース	尿素	塩化ナトリウム
凝固点 $t$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]	-0.75	-1.2	-2.0
凝固点降下度 $\Delta T$ ( $t_0 - t$ ) [K]	0.45	0.9	1.7
溶質の質量 $w$ [g]	0.90	0.60	0.60
純水の質量 $W$ [g]	20	20	20
溶質のモル質量 $M$ [g/mol]	185	61.6	32.6
原子量から計算したモル質量 [g/mol]	180	60	58.5

- 溶媒の体積は温度によって変化するため、モル濃度は温度によって変化する。質量は温度の影響を受けないので、質量モル濃度を使用する。
- 溶液が凝固する場合、初めに析出するのは溶媒だけなので、溶液の濃度は大きくなる。そのため凝固点が更に下がるから、冷却曲線が少しずつ下がる。
- 塩化ナトリウムは電解質なので、水の中で電離しているため、水溶液中の溶質粒子数が多くなるため。



$K = 1.85$ (尿素の分子量 60 を使い、尿素水溶液の実験データから  $\Delta T/m$  を算出してよい。)なので、 $\Delta T = Km$  に代入

$$1.7 = 1.85 \times 0.5(1 + \alpha) \quad \alpha = 0.83$$

- 自動車の冷却水(不凍液)や道路の凍結防止剤など

## 理論 12 コロイドの生成と性質

### 【準備】

器具：試験管(13本),ビーカー(200mL, 100mL), ピペット, 蒸発皿, ペトリ皿, 三脚  
LED光源, 銅片(電極用), リード線, ガスバーナー, 金網, 直流電源  
集気びん, ろ紙, 光学顕微鏡, 白紙, 輪ゴム, 線香, 点火器具

薬品：塩化鉄(Ⅲ)  $\text{FeCl}_3$  水溶液(飽和, 1mol/L), 硝酸銀  $\text{AgNO}_3$  水溶液(0.1mol/L)  
塩化ナトリウム  $\text{NaCl}$  水溶液(飽和, 0.5mol/L), 塩化マグネシウム  $\text{MgCl}_2$  水溶液(0.5mol/L),  
硫酸ナトリウム  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  水溶液(0.5mol/L), ゼラチン水溶液(1%)  
セッケン水, リトマス紙, 透析膜(セロハン), 濃アンモニア  $\text{NH}_3$  水, 濃塩酸  $\text{HCl}$   
水酸化ナトリウム  $\text{NaOH}$  水溶液(1mol/L)

### 【実験操作】

- 試験管に水酸化ナトリウム水溶液を 2mL とり, 1mol/L 塩化鉄(Ⅲ)  $\text{FeCl}_3$  水溶液を 1 滴加えてよく振り, 変化をみる。

変化

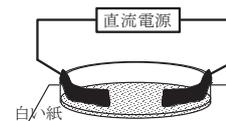
- 200mL ビーカーに純水を 100mL 入れ加熱する。沸騰したら飽和塩化鉄(Ⅲ)  $\text{FeCl}_3$  水溶液を 2mL 加え, 火を止め変化をみる。

変化



#### <電気泳動>

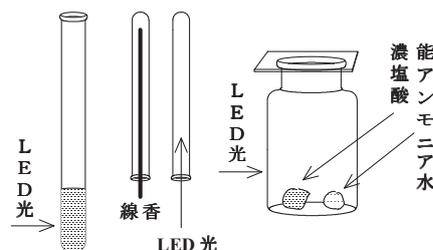
- ペトリ皿を白い紙の上に置き, 操作 2 で作ったコロイド溶液を底にわずかに広がる程度入れ, 2 枚の銅片を離してコロイド溶液に浸ける。
- 銅片とペトリ皿の壁面をリード線のついたワニ口クリップで固定し, 直流電圧(10~20V)をかける。5 分後, ペトリ皿中のコロイド粒子の移動の方向を観察する。



変化

#### <チンダル現象>

- ① 純水, 操作 1 の溶液, 操作 2 の溶液, ゼラチン溶液, セッケン水を別々に試験管に 5mL ずつとり, 各試験管の側面から LED 光を当てる。
- ② 逆さにした乾いた試験管内に火のついた線香を入れ, 煙を充満させた後, 下から煙に LED 光をあてる。
- ③ 濃塩酸, 濃アンモニア水を別々にしみこませた脱脂綿を集気ビンに入れ, 発生する。塩化アンモニウムの白煙に LED 光を当てる。



	純水	操作1	操作2	ゼラチン	セッケン	線香の煙	塩化アンモニウム
光路の有無							

※LED 光の光路が見えるものはコロイドである。(チンダル現象)

#### <透析>

- セルロースチューブに操作 2 のコロイド溶液を入れ, 輪ゴムで口をくくる。
- 100mL ビーカーに純水を 50mL 入れ, 6 のセルロースチューブを 3 分間つけ, 純水の色の变化を観察する。

結果

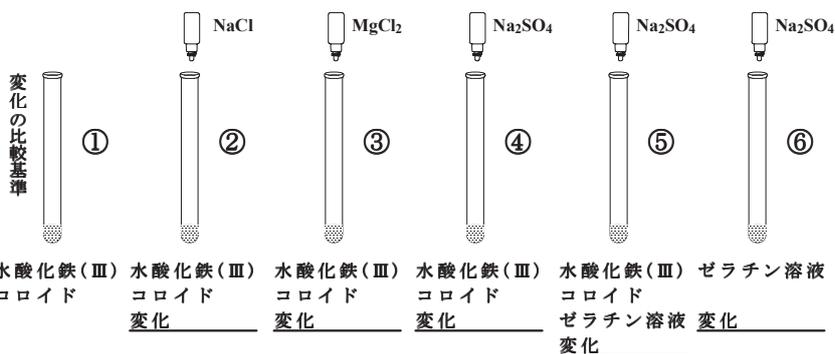


- 7 のビーカーの純水をリトマス紙につけ, 液性を調べる。またビーカーに入れた純水を試験管に 2mL とり, 硝酸銀  $\text{AgNO}_3$  水溶液を 1 滴加え, 変化を見る。

硝酸銀水溶液での変化

<凝析・保護コロイド・塩析>

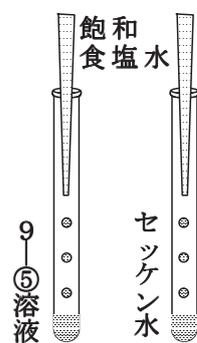
9. 操作 7 で透析した水酸化鉄(Ⅲ)コロイド溶液を、5本の試験管に分ける。そのうちの1本にはゼラチン溶液を1mL加えよく振る。別の試験管にゼラチン溶液を4mLとる。図のように各電解質溶液を1滴ずつ加え、よく振り混ぜ、何滴で濁る



かを調べる。10滴加えても濁らなければ次へ移る。

10. セッケン水を試験管に3mLとる。石けん水と操作9の⑤の溶液に飽和食塩水5mLを少しずつ加え変化をみる。変化がみられたら飽和食塩水を加えるのをやめる。

9の⑤の溶液 セッケン水



<ブラウン運動のイメージをつかむ>

11. 緑色の絵の具を薄めてスライドガラスに1滴のせ、光学顕微鏡で、絵の具の粒子が動く様子を観察し、ブラウン運動のイメージをつかむ。

【考察】

- 操作 2 で水酸化鉄(Ⅲ)コロイドが生成した反応の化学反応式を記せ。  

$$\text{FeCl}_3 + (\quad)\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3 + (\quad)$$
- 操作 4 の結果より、水酸化鉄(Ⅲ)のコロイド粒子は、正・負どちらに帯電しているか。
- 操作 6～8 の結果より、半透膜を通り抜けて出てきたイオンは何か。
- 操作 6～8 の結果より、コロイド粒子は通常の分子やイオンより大きいのか小さいか。
- 操作 9 で凝析効果の大きいイオンは Na<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>のうちのどれか。また、そのイオンの電荷は、水酸化鉄(Ⅲ)コロイド粒子のもつ電荷とどのような関係があるか。
- 操作 9 の⑤の溶液でみられるゼラチン溶液のような働きをするコロイドを何コロイドというか。また、次の(ア)、(イ)のコロイドを疎水コロイド、親水コロイドに分けよ。  
 (ア) 水酸化鉄(Ⅲ)コロイド (イ) セッケン

【実験上の注意】

次の方法で所要時間をかなり短縮できる。

- ①操作 5 を演示にする。 ②操作 3～8 と操作 9～10 を並行して行う。  
 (操作 9, 10 は透析していないコロイド溶液でもできる。)

【薬品・器具などの留意点】

操作 3, 4 銅片(電極用)はアルミホイルでも代用できるが、電圧が高いので電気分解により電極が小さくなっていく。電極は、2cm 幅くらいある方がわかりやすい。

シャーレに入れるコロイド溶液の量は、シャーレに深さ1～2mmくらいの量が目安であり、多くなると観察しにくい。

操作 5 チンダル現象を演示実験にするときは、溶液類はビーカーに入れるとよい。塩化鉄(Ⅲ)水溶液は、長時間おくとコロイドを生成するので、毎回つくる。

牛乳を半透明状態にまで薄めたものでもチンダル現象が見られる。

操作 6, 7 セルロースチューブがない場合、別法でも行える。

### <別法>

セロハンを蒸発皿にのせ、くぼみを作り、操作2の溶液を蒸発皿の半分程度入れ、セロハンで袋状に包んで輪ゴムで口をくくる。これを用いて操作7を行う。

\* コロイド溶液が熱いとセロハンに包みにくいので、セルロースチューブを用いるほうが望ましい。

**操作9** NaClとNa<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>の比較によってNa<sup>+</sup>が影響を及ぼしていないことを、MgCl<sub>2</sub>とNa<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>の比較によって1価の陰イオン2つより、2価の陰イオン1つの方が凝析効果が大きいことを理解させる。

**操作10** セッケン水は、固形せっけんをナイフで削って水に溶かすか、粉せっけんの水溶液をつくる。濃いめにつくる方が塩析がわかりやすい。セッケン水に飽和食塩水2mLを加えたくらいで細かい白い沈殿が生じる。さらに加え続けると、塩析したセッケンが上に浮き、下の溶液部分が透明になるので、生徒には沈殿が溶けたような印象を与えるので、食塩水を入れすぎないようにする。

### 【実験結果】

- ほとんど色はつかず、溶液が薄まっただけ。
- 赤褐色の水溶液になる。色の变化から、FeCl<sub>3</sub>aq ではないことがわかる。
- (+)極のあたりが薄く縞模様になり、(+)極から離れているのがわかる。  
電圧が高いので電気分解も起こるため、(-)極には黒い鉄の微粒子が析出する。
- ……見える×……見えない

	純水	操作1の 溶液	操作2の 溶液	ゼラチン 溶液	セッケン 水	線香の 煙	塩化アンモ ニウムの白煙
光路が見えるか	×	×	○	○	○	○	○

- ビーカーの中の液体の色は変化しない。→ コロイド粒子はセロハンを通り抜けられないことがわかる。
- リトマス紙の変化 青色→ 赤色 溶液の液性は酸性  
硝酸銀水溶液での変化 無色透明→ 白濁
- ② 濁らない ③ 濁らない ④ 1～2滴で濁る ⑤ 濁らない ⑥ 濁らない
- どちらも濁る
- 黒い点が振動するように動いているのが見える

### 【考察の記入例】

- $\text{FeCl}_3 + (3)\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3 + (3\text{HCl})$
- 正 (+極と反発したので)
- H<sup>+</sup> と Cl<sup>-</sup>
- コロイド粒子は普通の分子やイオンより大きい。
- 凝析効果の大きかったイオンはSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>  
イオンの電荷は、水酸化鉄(III)コロイド粒子のもつ電荷と反対符号の電荷。
- 9-⑤溶液のゼラチン溶液のような働きをするコロイドを保護コロイドという  
(ア) 疎水コロイド  
(イ) 親水コロイド

## 理論 13 化学平衡

### 【準備】

器具：試験管(7本)，ふたまた試験管(1本)，ロート，ビーカー(300mL)  
誘導管付きシリコーンゴム栓(2個)，シリコーンゴム栓(2個)  
注射器(50mL×2)，

薬品：塩化ナトリウム NaCl ，塩化ナトリウム NaCl 水溶液(飽和，2mol/L)，銅 Cu 片  
濃硫酸 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>，濃硝酸 HNO<sub>3</sub>，アンモニア NH<sub>3</sub> 水(0.1mol/L)，純水

塩化アンモニウム NH<sub>4</sub>Cl 水溶液(2mol/L)，フェノールフタレイン溶液

### 【実験】

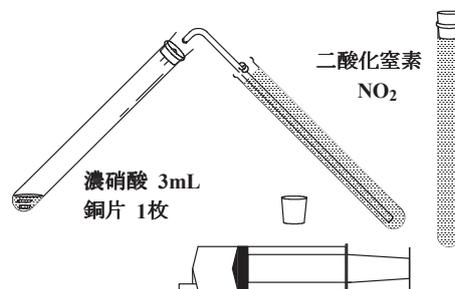
<溶解平衡  $\text{NaCl(固)} \rightleftharpoons \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$ >

- 300mL ビーカーに飽和塩化ナトリウム NaCl 水溶液を 150mL 入れる。
- ふたまた試験管の一方に塩化ナトリウム NaCl を 3g，他方に濃硫酸 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> を 7mL とり，右図のように組み立てる。ロートは，飽和塩化ナトリウム水溶液の液面より約 1cm 上に取り付ける。
- 濃硫酸を塩化ナトリウムに少しずつ加え，塩化水素を発生させ，ビーカー内の変化を観察する。



### 結果

- 試験管に銅 Cu 片を入れ，濃硝酸を 3mL 加え，誘導管付きゴム栓をして，右図のように，発生する二酸化窒素 NO<sub>2</sub> を試験管 2 本に捕集し，ゴム栓をする。さらに注射器に 30mL 捕集する。



発生する二酸化窒素 NO<sub>2</sub> の色 \_\_\_\_\_

<温度による平衡移動  $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$ >

- 二酸化窒素を捕集した試験管の一方を氷水に，他方を湯に浸し気体の色の変化を観察する。その後，試験管を入れ替えて変化を観察する。

氷水中： \_\_\_\_\_

湯中： \_\_\_\_\_

- 注射器に 30mL 空気をとる。操作 4 で二酸化窒素を捕集した注射器とともに湯に浸し，それぞれの注射器の体積を読む。

NO<sub>2</sub> : \_\_\_\_\_ mL

空気 : \_\_\_\_\_ mL

<圧力による平衡移動  $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$ >

- 二酸化窒素の入った注射器のピストンを押したり引いたりして，注射器内の気体の色の変化を観察する。

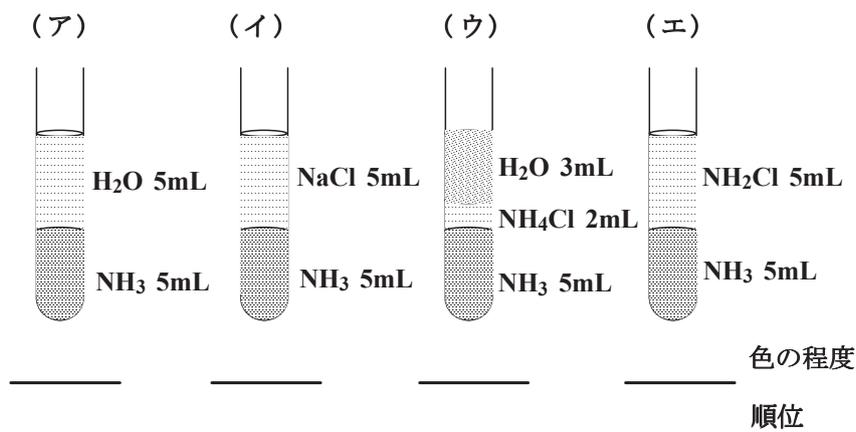
ピストンを押したとき(圧縮したとき)： \_\_\_\_\_

ピストンを引いたとき(膨張したとき)： \_\_\_\_\_

<濃度による平衡移動  $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$ >

8. 試験管にアンモニア  $\text{NH}_3$  水を 20mL とり、フェノールフタレイン溶液を 1 滴加えて着色した後、この溶液を試験管に 4 等分する。

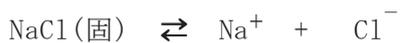
9. 8 の各試験管に右図のように純水 5mL, 2mol/L 塩化ナトリウム水溶液 5mL, 塩化アンモニウム水溶液 2mL と純水 3mL, 塩化アンモニウム水溶液 5mL をそれぞれ加え、よく振る。(ア)の溶液の色と比較し、着色の程度の濃い順に順位を付ける。



**【考察】**

1. 塩化ナトリウムに濃硫酸を加えると塩化水素が発生する。この反応を化学反応式で記せ。

2. 操作 3 の結果を次の電離式で説明せよ。



3. 銅に濃硝酸を加えると二酸化窒素が発生する。この反応を化学反応式で記せ。

4. 操作 5 の結果から、 $2\text{NO}_2 \rightarrow \text{N}_2\text{O}_4$  の反応は発熱反応か吸熱反応かを判断せよ。ただし、二酸化窒素は赤褐色で、四酸化二窒素  $\text{N}_2\text{O}_4$  は無色である。

5. 操作 6 で湯に浸したときの、空気と二酸化窒素の体積変化の違いを説明せよ。

6. 操作 7 での注射器内の気体の色の変化を説明せよ。

7. 操作 9 の結果より、アンモニウムイオン  $\text{NH}_4^+$  の濃度変化によって、平衡はどのように移動したかを説明せよ。

8. 操作 9 で、アンモニウムイオン  $\text{NH}_4^+$  とナトリウムイオン  $\text{Na}^+$  のどちらが平衡移動に影響を与えたか。

## 【実験上の注意】

操作3 実験後の飽和食塩水は、回収して再利用するとよい。

操作4 注射器は、ピストンがなめらかに動くように、アセトンで拭いてよく乾かしてから使う。NO<sub>2</sub> は手際よくとり、捕集後は発生器に水を入れて止める。捕集後すぐに試験管にはシリコンゴム栓で、注射器にはビニール栓で栓をすること。

\*注射器の栓はノズルに適合するビニール管を溶封してつくる。

操作6 NO<sub>2</sub> が 30mL とれていない場合、空気の体積はNO<sub>2</sub> と同体積にすること。

操作8 0.1mol/L NH<sub>3</sub>aq は、生徒に 2 mol/L NH<sub>3</sub>aq を精製水で薄めてつくらせても良い。

## 【結果】

3. 飽和食塩水から、塩化ナトリウムが雪が降るように析出してくる。
4. 赤褐色
5. 氷水：NO<sub>2</sub> の色(赤褐色)は薄くなる。  
湯：NO<sub>2</sub> の色(赤褐色)は濃くなる。
6. 空気より NO<sub>2</sub> の方が体積が大きくなる。
7. 押したとき(圧縮したとき)：圧縮直後は色が濃くなり、その後色が薄くなる。  
引いたとき(膨張したとき)：膨張直後は色が薄くなり、その後色が濃くなる。
9. (ア) 赤色 (イ) 赤色 (ウ) 薄いピンク色 (エ) ほとんど無色か薄く色づく程度  
<参考>  
(ア), (イ) は pH = 約 11, (ウ) は pH = 約 8.5, (エ) は pH = 約 8

## 【考察の記入例】

1.  $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{NaHSO}_4 + \text{HCl}$
2. 飽和食塩水中では、次の溶解平衡が成り立っている。  
 $\text{NaCl}(\text{固}) + \text{aq} \rightleftharpoons \text{Na}^+\text{aq} + \text{Cl}^-\text{aq}$   
HCl(気)を飽和食塩水に溶かすと、電離により溶液中の Cl<sup>-</sup>(aq)が増える。  
 $\text{HCl}(\text{気}) + \text{aq} \rightleftharpoons \text{H}^+\text{aq} + \text{Cl}^-\text{aq}$   
よって、飽和食塩水中で Cl<sup>-</sup>の濃度が増加し、ルシャトリエの原理により食塩の平衡が←方向(左方向)に移動し、NaCl(固)が析出する。
3.  $\text{Cu} + 4\text{HNO}_3 \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{NO}_2$
4. 発熱反応  
氷水につける(温度を下げる)と色がうすくなることから、N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>(無色)が増加する方向が発熱反応であることがわかる。
5. 空気の体積増加はシャルルの法則の単なる温度変化によるものである。  
一方、NO<sub>2</sub>の体積増加は温度変化による以外に、平衡移動による変化も加わっている。
6. 押したとき：直後は体積が減ったためにNO<sub>2</sub>もN<sub>2</sub>O<sub>4</sub>も濃縮され、色が濃くなるが、全圧の増加により  $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$  の平衡が右方向に移動するため、色が薄くなる。  
引いたとき：直後は体積が増えたにNO<sub>2</sub>もN<sub>2</sub>O<sub>4</sub>も濃度が薄くなり、色が薄くなるが、全圧の減少により  $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$  の平衡が左方向に移動するため、色が濃くなる。
7. 溶液の着色の変化から、[NH<sub>4</sub><sup>+</sup>]が増加すると[OH<sup>-</sup>]が減少することが確認できるので、 $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$  の平衡は←方向(左方向)に移動したことになる。
8. NH<sub>4</sub><sup>+</sup>

## 【別法】

実験1～3において、塩化ナトリウムの析出を見るだけなら、飽和食塩水を試験管にとり、濃塩酸を加えてもよい。

## 無機 1 水素と酸素・オゾン

【準備】試験管4, 三角フラスコ, 誘導管, 水素爆発用ペットボトルとゴム栓・ガラス管・ゴム帽のセット, 点火器, 割り箸, オゾン発生装置, 集気瓶, 亜鉛(華状), 6 mol/L HCl aq, 酸素ボンベ, 硫黄, 赤リン, スチールウール,  $\text{KClO}_3$ , リトマス紙, 万能試験紙, KI デンプン紙

### 【実験操作】

#### <水素の発生と爆発>

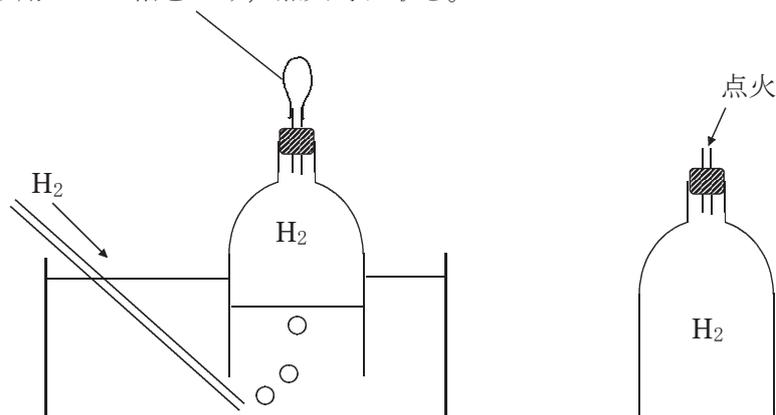
1. 試験管に華状亜鉛を数個入れ, 6 mol/L 塩酸 HCl を加える。その試験管の上に空の試験管をかぶせて発生した気体を捕集し, 上の試験管の管口に点火してみる。

反応の様子

---

2. (演示) 下図のように2 Lのペットボトルの下 1/3を切り取り, 上部の口にガラス管を通したゴム栓をつけたものを準備する。三角フラスコに華状亜鉛を少量入れ, 6 mol/L 塩酸 HCl を加え水素を発生させ, 水上捕集でペットボトルに水を残さないように水素を捕集する。その後ペットボトルを水槽から上に上げ, 上部のガラス管に点火する。

ピペット用のゴム帽をつけ, 点火時取る。



反応の様子

---

#### <酸素中での燃焼>

3. 集気瓶を酸素で満たしてフタをし, 次の物質(1), (2)は燃焼さじの上に少量取り, (3)は少量をピンセットでつかんで点火してから集気瓶の中に入れ, 酸素中での燃焼の様子を観察せよ。(1), (2)は燃焼後に水を入れてよく振り, リトマス紙や万能試験紙等で液性を調べよ。

(1) 硫黄

---

(2) 赤リン

---

(3) スチールウール

---

4. (演示) 塩素酸カリウム  $\text{KClO}_3$  を試験管に約 3 g とり，バーナーで加熱して融解する。すべて液体になり， $\text{O}_2$  の気泡が見られたら加熱をやめ，5 cm くらいの割り箸を試験管の中に入れる。

反応の様子

---

5. (演示) 湿らせた KI デンプン紙を入れた試験管を酸素で満たし，右の様なオゾン  $\text{O}_3$  発生装置にセットする。放電させて KI デンプン紙の変化を見よ。

KI デンプン紙の変化

---



### 【考察】

1. 亜鉛と塩酸の反応式を書け。
- 
2. 水素の爆発範囲は 4%～75%で，75%以上では燃えるが爆発はしない。ペットボトルに集めた水素に点火したときの様子を，この爆発範囲の考え方を用いて説明せよ。

3. 操作 3 (1), (2) の反応式と生成物の名称を書け。水に溶けたときの生成物とその液性について説明せよ。

(1) \_\_\_\_\_ (2) \_\_\_\_\_  
名称 ( ) 名称 ( )

4. 塩素カリウムが分解するときの反応式を書け。
- 

5. オゾン生成の反応式を書け。また，オゾンが KI デンプン紙を変色させた理由を説明せよ。
- 
-

### 【実験上の注意】

1. 亜鉛を入れた試験管に直接点火するより、上に空の試験管をかぶせて水素を捕集した方が爆発しやすい。
2. 水素を試験管で発生させたのでは、ペットボトルいっぱい水素を集めるのに時間がかかるので、三角フラスコで行う。ペットボトルにはスタンドに固定しておくことよい。スタンドのクランプごとゆっくり上に上げ、すぐ点火する。部屋の電気は消して、炎が出ていることを生徒に確認させる。「なんだ爆発しないじゃないか」と思わせておくと、より盛り上がる。ペットボトルの下は開放されているので爆発しても危険はないが、下に何も無いところで点火すること。
3. 硫黄、リンとも少量にすること。
4. 加熱しすぎると危険なので、気泡が出始めたくらいで加熱をやめること。大量の白煙が生じるので換気に注意する。換気装置のない普通教室等で行うときは、試験管の口を窓の外に向けて白煙が室外に出て行くようにするなど工夫すること。反応が終わりかけにもう一本割り箸を入れると再度反応が始まることある。規模を小さくしたければ割り箸でなく、爪楊枝や他の有機物でもよい。
5. オゾン発生装置は大阪府理科教育研究会の研究委員が考案したもので市販はされていない。生成するオゾンは少量なので、淡青色や特異臭を生徒に示すことは出来ず、KI デンプン紙の変色だけでオゾン発生を示すしかない。

### 【実験操作の空欄記入例】

1. 「キュン！」という大きな音を立てて爆発する。(水素の割合によっては鈍い音だったり、爆発しないこともある)
2. 点火すると上部のガラス管のところに炎が出て燃える。10数秒経ち炎が少しずつ小さくなったところで、突然大きな音とともに爆発する。ペットボトルの内部に一瞬炎も見られる。
3. (1) きれいな青く明るい炎を出してゆっくりと燃える。水に溶解すると酸性。  
(2) 白い明るい炎を出して激しく燃える。水に溶解すると酸性。  
(3) 炎は出ないが、空気中での燃焼に比べるとスチールウールのところどころが明るい赤になり線香花火のように火花を散らす。
4. 試験管の底部で白い炎を出して割り箸が燃えだし、試験管全体に白い炎が広がり激しく燃焼する。試験管の口からも火炎放射器の様に炎がふき出す。
5. 青紫色になる。

### 【考察の記入例】

1.  $\text{Zn} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2$
2. 初めはペットボトル内がほとんど水素で満たされているので、爆発せず燃えるだけである。その後燃焼が続くと下から空気が入り、水素の割合が減少して、爆発範囲の75%に達すると爆発する。
3. (1)  $\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_2$  (二酸化硫黄)  $\text{SO}_2$ は水に溶けると  $\text{H}_2\text{SO}_3$  (亜硫酸) になるので酸性を示す。  
(2)  $4\text{P} + 5\text{O}_2 \rightarrow \text{P}_4\text{O}_{10}$  (十酸化四リン)  $\text{P}_4\text{O}_{10}$ は水に溶けて  $\text{H}_3\text{PO}_4$  (リン酸) になるので酸性を示す。
4.  $2\text{KClO}_3 \rightarrow 2\text{KCl} + 3\text{O}_2$
5.  $3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{O}_3$  オゾン  $\text{O}_3$  がヨウ化カリウム KI の  $\text{I}^-$  を酸化し  $\text{I}_2$  が生成するため、ヨウ素デンプン反応が起こり青紫色を呈する。

## 無機 2 硫黄とその化合物

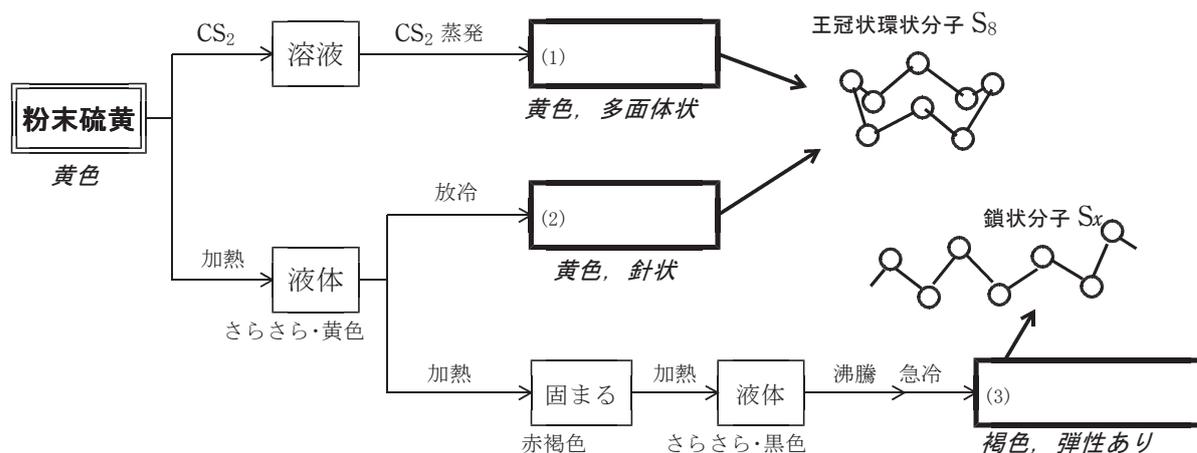
【準備】 粉末硫黄，二硫化炭素  $\text{CS}_2$ ，濃硫酸，角砂糖，試験管 3，ろうと，ろ紙，時計皿，蒸発皿，15mL サンプル管，300mL ビーカー，試験管ばさみ，駒込ピペット，ピンセット，ガスバーナー，点火器，デジタル温度計

### 【実験操作】

#### <硫黄の同素体>

- 次の手順にしたがって，硫黄の同素体を作れ。
  - 薬さじ(大) 1 杯の粉末硫黄を少量の二硫化炭素  $\text{CS}_2$  に溶解し時計皿に入れる。ドラフト内など換気の良い所で  $\text{CS}_2$  を自然に蒸発させ，得られた結晶を観察する。
  - 試験管に約 1/3 の粉末硫黄を入れて加熱し，黄色で流動性を帯びた液体になったらろ紙上に流し込む。かたまりかけたところでろ紙を開き，得られた結晶を観察する。
  - 試験管に約 1/3 の粉末硫黄を入れて加熱する。(2) の黄色の液体から，いったん赤褐色で流動性がなくなった状態を経て，また流動性をもつ黒色の液体が得られる。これを 300mL ビーカーに流し込み，得られたものを観察する。

下図の空欄に(1)～(3)それぞれの同素体の名称を書け。



#### <硫酸の性質>

- 蒸発皿に角砂糖（主成分はスクロース  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ ）を 1 つ入れ，そこへ濃硫酸を角砂糖全体にしみこむ程度にかけて変化を観察せよ。

反応の様子

---

- (演示) 15mL サンプル管に水を約半分入れ，デジタル温度計を入れる。教材提示装置で温度表示を見せながら，最初の温度を確認し，そこへ濃硫酸を少しずつ入れて温度がどれだけ変化するかを見る。

初めの温度 \_\_\_\_\_  $^{\circ}\text{C}$  → 濃硫酸を加えたあとの温度 \_\_\_\_\_  $^{\circ}\text{C}$

### 【考察】

1. 操作 2 におけるスクロース  $C_{12}H_{22}O_{11}$  の変化を反応式で表せ。

---

2. 操作 2, 3 でそれぞれ濃硫酸のどのような性質がわかるか。

操作 2

操作 3

---

3. 操作 3 の結果から、硫酸を水で薄めるときの安全な方法について、理由も含めて説明せよ。

---

### 【実験上の注意】

1. (3) 溶解した硫黄をビーカーに入れる際、試験管上部が冷えているとそこで固まってしまう。流す前に上部も少し熱しておくとうれやすい。溶解した硫黄は出来るだけ残さず、全部出す様
3. 室温や水温、水や加えた濃硫酸の量によるので温度変化は様々であるが、冬期約  $15^{\circ}\text{C}$  くらいの水が  $100^{\circ}\text{C}$  近くまで温度上昇することもある。

### 【実験操作の空欄記入例】

1. (1) 斜方硫黄 (2) 単斜硫黄 (3) ゴム状硫黄
2. 濃硫酸をかけるとすぐに黄色くなり、少しずつ色が濃くなって褐色を経て黒色になる。その後煙が出て、角砂糖が大きさが増し、真っ黒な多孔質の物体となる。

### 【考察の記入例】

1.  $C_{12}H_{22}O_{11} \rightarrow 12C + 11H_2O$
2. 操作 2 脱水作用がある  
操作 3 水に溶けると発熱する
3. 濃硫酸に水を加えると、発熱によって、加えた水が濃硫酸の液面で沸騰し飛び散ることがあつて大変危険である。よつて、硫酸を水で薄めるときは、水に濃硫酸を少しずつ加える方法がよい。

### 無機3 窒素化合物

【準備】  $\text{NH}_4\text{Cl}$ (固体),  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (固体), 銅板(1cm × 1cm 程度。ひもをつけたもの), 濃塩酸, 濃硝酸, 6 mol/L 希硝酸, フェノールフタレイン, BTB 溶液, 万能試験紙 試験管 6, L 字管, プラスチック秤量皿, 薬さじ, スタンド, ガスバーナー, 点火器, 丸底フラスコ, アンモニア噴水用のゴム栓とガラス管等のセット, 500mL ビーカー, 洗びん, 100 mL メスシリンダー, 気体捕集用誘導管, ろ紙片, ピンセット, ゴム栓 2, 水槽

#### 【実験操作】

##### <アンモニア $\text{NH}_3$ の生成>

1. 塩化アンモニウム  $\text{NH}_4\text{Cl}$  2 g と水酸化カルシウム  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  3 g をプラスチック秤量皿に入れ, 薬さじでよく混ぜる。➡ においは? \_\_\_\_\_
2. 1 の混合物を乾いた試験管(\*1)に入れ, 下図のように管口を下に(\*4)セットし, バーナーを動かしながら, 試験管の底部を均一に加熱する。
3. 濃塩酸をつけたろ紙片を試験管口に近づける。(図\*3 湿らせた万能試験紙でもやってみよう)
4. 発生したアンモニアを上方置換(\*2)で乾いた試験管(\*1) 2 本に捕集し, すぐゴム栓をする。

塩化アンモニウム  $\text{NH}_4\text{Cl}$  と  
水酸化カルシウム  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  の混合物

\*1 乾いた試験管を用いる  
水に極めて溶けやすい気体は他に……

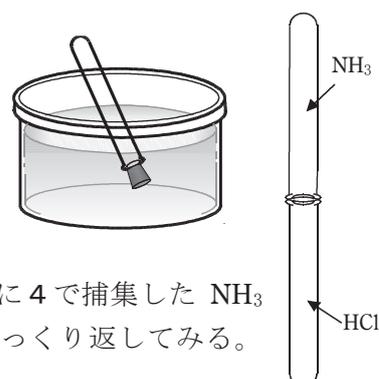
\*2 上方置換で捕集する ・空気の平均分子量は28.8

\*3 濃塩酸をつけたろ紙を近づける  $\text{NH}_3$ の検出法!

\*4 一般に固体の加熱では管口を下げる

5. 4 の試験管のうち 1 本を, 右図のように水を入れた水槽に逆立ちさせて入れ, 水中でゴム栓をとりすぐ閉じる。得られた溶液にフェノールフタレインを 2 滴滴下する。

変化 \_\_\_\_\_

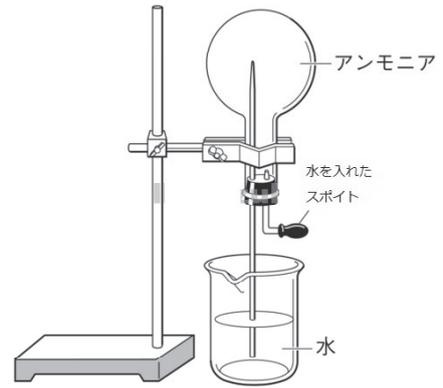


6. 試験管に濃塩酸を数滴入れて内壁を濡らすようにし, 塩化水素  $\text{HCl}$ (気体)を発生させる。この試験管の上に, 右図のように 4 で捕集した  $\text{NH}_3$  の入った試験管をかぶせて変化を観察する。試験管の上下をひっくり返してみる。

変化 \_\_\_\_\_

7. (演示-アンモニアの噴水)

- 500 mL ビーカーに水 (少量の酸を加えておく) を入れ、BTB を加え黄色にしておく。
- アンモニアを捕集した丸底フラスコにガラス管と水を入れたスポイトのついたゴム栓をして、右図のようにビーカーに逆立ちさせる。スポイトから少量の水を入れた後、変化を観察する。

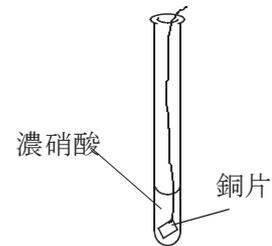


変化 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

< 二酸化窒素 NO<sub>2</sub> と一酸化窒素 NO >

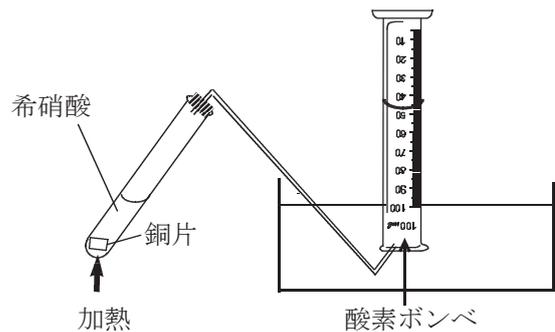
- 濃硝酸 3 mL にひもをつけた銅片を入れる。気体が激しく発生し始めたら、銅片をすぐ取り出し水で洗う。

気体の色・におい \_\_\_\_\_  
 反応後の溶液の色 \_\_\_\_\_



- 希硝酸に銅片を入れて加熱し、発生した気体を水上置換でメスシリンダーに捕集する。

気体の色 \_\_\_\_\_  
 反応後の溶液の色 \_\_\_\_\_



- 9のメスシリンダーの下から、酸素 O<sub>2</sub> を少量入れ、水面や気体の色の変化を観察する。

入れた直後の変化 \_\_\_\_\_  
 しばらくしてからの変化 \_\_\_\_\_

【考察】

- NH<sub>4</sub>Cl と Ca(OH)<sub>2</sub> から NH<sub>3</sub> が生成する時の反応式を書け。  
 \_\_\_\_\_
- 操作 2 ~ 4 の実験の注意点や検出反応などを図の \*1~\*4 にまとめよ。
- 操作 5 の結果からわかることを書け。  
 \_\_\_\_\_
- 操作 6 で起こった反応の反応式を書け。  
 \_\_\_\_\_
- 操作 7 のアンモニアの噴水と指示薬の色の変化の原理を簡単に説明せよ。  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

6. 操作 8 の銅と濃硝酸の反応，操作 9 の銅と希硝酸の反応の反応式をそれぞれ書け。

銅と濃硝酸

---

銅と希硝酸

---

【実験上の注意】

- 濃塩酸をつけたガラス棒を近づけるのが一般的であるが、ろ紙につけた方が濃塩酸が垂れずに安全である。万能試験紙は、アンモニアの捕集が終わってから、L 字管の先からまだ出ているアンモニアに触れさせるのもよい。
- ゴム栓を緩めると水が勢いよく吸い込まれるが、吸い込まれた水の量は捕集したアンモニアの体積と考えられ、水が少ししか入らなかった場合は、捕集時にかなりの量の空気が混じってしまったと思われる。生徒に水の量を意識させ、十分アンモニアが捕集できたか、空気が混じってしまったのか確認させる。
- 濃塩酸を数滴入れ、内壁を濡らす様に試験管を回転させれば、気体の HCl が十分試験管内に充滿するので、加熱する必要はない。
- 丸底フラスコ内に十分にアンモニアが捕集されていないと水がうまく入らない。
- 銅板と濃硝酸の反応は初め穏やかであるが、しばらくすると急に反応が早くなり、発生した有毒な二酸化窒素が試験管からあふれ出し危険である。赤褐色の NO<sub>2</sub>が試験管の半分くらいまで発生した時点で、ひも付きの銅板はすぐに取り出し水洗すれば、また使用できる。ひもをつけずに銅板をそのまま入れたときに反応を止めたいときは、洗びんから水を入れ、濃硝酸を薄めるとよい。
- 教科書では、希硝酸の場合は NO が発生すると教えるのであるが、実際には NO<sub>2</sub>も一緒に発生しているようで、反応器の中の気体は赤褐色である。水上置換で水を通すと、NO<sub>2</sub>は水に溶けるので無色の NO だけが集まる。水に溶けきれなかった NO<sub>2</sub>によってメスシリンダー内の気体がわずかに着色している場合はメスシリンダーを水槽の上に立てた状態で左右に少し振ってみると無色になる。
- O<sub>2</sub>は最初に入れすぎない様に注意する。

【実験操作の空欄記入例】

- 刺激臭
- \*1 アンモニアはきわめて水に溶けやすいので、乾いた試験管を用いる。水に極めて溶けやすい気体は他に塩化水素 HCl。
- \*2 NH<sub>3</sub>の分子量は17で、空気（平均分子量28.8）より軽い。また水にきわめて溶けやすいので水上置換は出来ず、上方置換が適している。
- \*3  $\text{NH}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl}$  という反応で生じた NH<sub>4</sub>Cl の固体微粒子が白煙となって観察される。この白煙が見られたら、アンモニアが検出されたと言える。
- \*4 固体の加熱では、加熱部分がかなり的高温となり、反応で生成した水がこの部分に流れると試験管が割れる恐れがあるので、管口を下げておく。
- ゴム栓を少し緩めたところへ勢いよく水が吸い込まれ、試験管がほとんど水で満たされる。フェノールフタレインを入れると赤くなる。
- 白煙が観察される。上下をひっくり返してみると、重い HCl が下へ、軽い NH<sub>3</sub>が上へ行こうとするので、より多くの白煙が生じ、固体の NH<sub>4</sub>Cl も見られる。
- スポイトを押し、フラスコ内に少量の水が入ると同時にビーカー内の水が勢いよく吸い上げら

れ、ガラス管の先から噴水の様にフラスコ内に入る。ビーカー内の水は黄色であったが、フラスコ内に入ると青色に変化する。

8. 色は赤褐色で刺激臭。反応後の溶液の色は青緑色。
9. 発生した気体は赤褐色だが、捕集した気体は無色。反応後の溶液の色は青色。
10. 酸素  $O_2$  をメスシリンダーの下から少量入れた直後は液面が下がる。無色だった気体の色が赤褐色に変化するとともに、液面が上昇して気体の色は無色になる。

**【考察の記入例】**

1.  $2NH_4Cl + Ca(OH)_2 \rightarrow CaCl_2 + 2H_2O + 2NH_3$
3. 水が勢いよく吸い込まれたことから、アンモニアがきわめて水に溶けやすく、フェノールフタレインが赤くなったことから、アンモニア水が塩基性であることがわかる。
4.  $NH_3 + HCl \rightarrow NH_4Cl$
5. スポイトから入った少量の水に丸底フラスコ内のアンモニアが溶け、フラスコ内の圧力が低下するため、ビーカー内の水を吸い上げる。BTB を含む水は最初弱酸性で黄色であるが、フラスコ内に入るとアンモニアによって塩基性となるので、黄色に変化する。
6. ・銅と濃硝酸： $Cu + 4HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + 2H_2O + 2NO_2$   
・銅と希硝酸： $3Cu + 8HNO_3 \rightarrow 3Cu(NO_3)_2 + 4H_2O + 2NO$

## 無機4 ハロゲンとその化合物

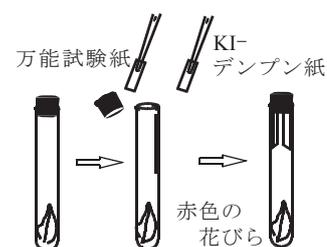
【準備】 太口試験管，試験管5，ゴム栓3，ピンセット，駒込ピペット2(塩酸用と気体の塩素用)，巻いた銅線，高度さらし粉  $\text{Ca}(\text{ClO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ，0.1 mol/L  $\text{KBr}$  aq，0.1 mol/L  $\text{KI}$  aq，6 mol/L  $\text{HCl}$  aq，6 mol/L  $\text{NaOH}$  aq，0.1 mol/L  $\text{AgNO}_3$  aq， $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  aq，赤い花びら，万能試験紙，KI デンプン紙，洗びん

### 【実験操作】

1. 太口試験管に高度さらし粉(次亜塩素酸カルシウム)  $\text{Ca}(\text{ClO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  を少量とり，6 mol/L 塩酸  $\text{HCl}$  を10滴加え，ゴム栓をせよ。

塩素の色 \_\_\_\_\_ 塩素のにおい \_\_\_\_\_

2. 新しい試験管に水で濡らした赤い花びらを入れ，1の試験管で発生した塩素  $\text{Cl}_2$  を乾いた駒込ピペットで吸い取り，花びらに吹きかけすぐゴム栓をせよ。次に，半分だけ湿らせた万能試験紙と KI デンプン紙を入れ，素早く色の変化を見たのち，時間の経過による色の変化を観察せよ。



- ①赤い花びら : (初め) 赤色 →(最後) \_\_\_\_\_ 色
- ②万能試験紙 : (初め) 緑色 →(すぐ) \_\_\_\_\_ 色 →(最後) \_\_\_\_\_ 色
- ③KI デンプン紙 : (初め) 白色 →(すぐ) \_\_\_\_\_ 色 →(最後) \_\_\_\_\_ 色

3. 1の試験管で発生した塩素  $\text{Cl}_2$  を乾いた駒込ピペットで吸い取り，2本の試験管に捕集しゴム栓をせよ。(次の4.5で使用する)

4. 3で塩素を捕集した試験管の1本に，ガスバーナーで赤熱するまで加熱した銅線を，ゆっくり差し入れてから出し，すぐゴム栓をせよ。

反応の様子 \_\_\_\_\_

この試験管に純水を3 mL 加え，ゴム栓をしてよく振り，溶液の色を観察せよ。

溶液の色 \_\_\_\_\_



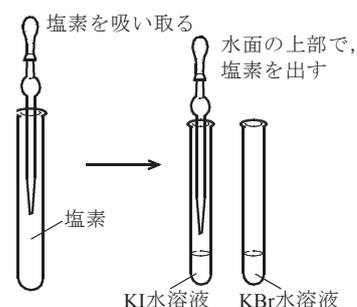
5. 2で塩素を捕集した試験管の1本に，純水3 mL を入れ，ゴム栓をしてよく振った後， $\text{AgNO}_3$  水溶液を2滴加えよ。

溶液の変化 \_\_\_\_\_

6. 2本の試験管に  $\text{KI}$  水溶液と  $\text{KBr}$  水溶液を3 mL ずつ入れよ。  
1の太口試験管で発生した塩素  $\text{Cl}_2$  を駒込ピペットで吸い取り，各水溶液の液面に吹きかけよ。最初は試験管を振らず，その後よく振って変化を見よ。

反応後の色  $\text{KI}$  : \_\_\_\_\_ 色

$\text{KBr}$  : \_\_\_\_\_ 色



### 【実験後の処理】

7. 塩素  $\text{Cl}_2$  が残っている 1 の太口試験管にはチオ硫酸ナトリウム  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  水溶液を 5 滴加え、ゴム栓をしてよく振ってから、洗浄せよ。

### 【考察】

1. 高度さらし粉  $\text{Ca}(\text{ClO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  と塩酸  $\text{HCl}$  から塩素  $\text{Cl}_2$  が発生するときの反応式を書け。

反応式 \_\_\_\_\_

2. 操作 2 における、② 万能試験紙と③ KI デンプン紙のすぐの変化から、わかることを書け。また、① 花びらと②、③の最後の変化からわかることを書け。

② \_\_\_\_\_ 色に変化したことから、塩素が水に溶けると \_\_\_\_\_ がわかる。

③ \_\_\_\_\_ 色に変化したことから、 \_\_\_\_\_ がわかる。

①②③ 最後に \_\_\_\_\_ 色に変化したことから、塩素には \_\_\_\_\_ がわかる。

3. 操作 4 での銅と塩素の反応を化学反応式で表し、Cu と Cl の酸化数の変化から、酸化剤、還元剤はどれか答えよ。また、溶液の色はどのイオンによる色か。

反応式 \_\_\_\_\_

Cu, Cl の酸化数…

酸化剤： \_\_\_\_\_ 還元剤： \_\_\_\_\_ 色は \_\_\_\_\_ による色

4. 操作 5 で塩素は水に溶けている。塩素が水に溶解するときの化学反応式を書き、Cl の酸化数を書け。また、硝酸銀  $\text{AgNO}_3$  水溶液を加えた時の反応をイオン反応式を書け。

反応式  $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$  \_\_\_\_\_ + \_\_\_\_\_ イオン反応式 \_\_\_\_\_  
Cl の酸化数… ( ) ( ) ( )

5. 操作 6 での、ヨウ化カリウム KI, 臭化カリウム KBr の各水溶液と塩素  $\text{Cl}_2$  との反応の化学反応式を書け。必要なら、係数もつけること。

$\text{KI} + \text{Cl}_2 \rightarrow$  \_\_\_\_\_  $\text{KBr} + \text{Cl}_2 \rightarrow$  \_\_\_\_\_

この結果から、 $\text{I}_2, \text{Br}_2, \text{Cl}_2$  を酸化力の大きい順に並べよ。 ( ) > ( ) > ( )

6. 実験後の処理 7 でのチオ硫酸ナトリウム  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  の働きは何か。

(ヒント： $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{HCl} + \text{S}$ )

また、身近な生活の場でどんなところに利用されているか、調べてみよ。

### 【実験上の注意】

操作 1 ・ 太口試験管で塩素を発生させる際、ゴム栓を強くすると試験管内の圧力が上がり、ゴム栓がとぶ可能性がある。生徒には上から軽くのせる感じでゴム栓を置くように指導する。

操作 2 ・ 赤い花びらがない場合は赤インクをしみこませたろ紙などでも代用できる。

- ・ 万能試験紙、KI デンプン紙とも、半分だけ湿らせるのは、元の色との比較がはっきり見えるようにするためである。

操作 3, 6

- ・ 太口試験管に捕集した気体の  $\text{Cl}_2$  を、乾いた駒込ピペットで吸い取る操作では、生徒が間違っ

- ・また  $\text{Cl}_2$  は空気より重く下方にたまるので、駒込ピペットは出来るだけ液面近くまで入れ、気体のみを吸い取らせる。
- ・駒込ピペットを太口試験管に入れてからゴム帽を押し、せっかく集めた  $\text{Cl}_2$  を逃がしてしまふ失敗も少なくない。試験管の外でゴム帽を押しように注意する。
- ・吸い取った  $\text{Cl}_2$  を別の試験管に入れる際、駒込ピペットの先は試験管の底まで入れるように指導する。空気より  $\text{Cl}_2$  は底にたまり、上部の空気を追い出してくれる。

操作4・銅線は少し赤くなったら十分である。加熱しすぎると巻いた部分が落ちたりして危険である。

操作6・KI 水溶液、KBr 水溶液の液面の少し上までピペットの先を入れ、ゆっくり  $\text{Cl}_2$  を吹きかけると、表面に色の変化が見られる。振り混ぜると溶液全体が着色する。

### 【実験操作の空欄記入例】

1. 塩素の色…黄緑、塩素のにおい…刺激臭
2. ①赤い花びら \_\_\_\_\_ : (初め) 赤色 → (最後) 白色  
 ②万能試験紙 \_\_\_\_\_ : (初め) 緑色 → (すぐ) 赤色 → (最後) 白色  
 ③KI デンプン紙 \_\_\_\_\_ : (初め) 白色 → (すぐ) 青紫色 → (最後) 白色
4. 反応の様子 最初、薄い褐色の煙を出して激しく反応する。反応が進むと試験管内に薄い褐色の微粒子がたまるのが見られる。  
溶液の色 薄い褐色の物質が溶けて青色になる。
5. 溶液の変化 水を入れて振っても変化は見られず、無色透明の溶液ができるが、 $\text{AgNO}_3$  水溶液を加えると、白色沈殿が生じる。
6. 反応後の色 KI : 褐色, KBr : 黄色  
 ( $\text{Br}_2$  は赤褐色の液体であるが、ここでは少量しか生成しないので黄色である。KBr 水溶液の濃度を高くしておき、ピペットを KBr 溶液の中に入れて数回  $\text{Cl}_2$  を通すと、赤褐色の溶液が得られる。)

### 【考察の記入例】

1.  $\text{Ca}(\text{ClO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{HCl} \longrightarrow \text{CaCl}_2 + 4\text{H}_2\text{O} + \text{Cl}_2 \uparrow$
2. ② 赤色に変化したことから、塩素  $\text{Cl}_2$  が水に溶けると酸性を示すことがわかる。  
 ③ 青紫色に変化したことから、ヨウ素  $\text{I}_2$  が生成し、デンプンと反応したことがわかる。  
 (ヨウ素デンプン反応)  
 ①②③ 最後に白色に変化したことから、塩素には漂白作用があることがわかる。
3.  $\text{Cu} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{CuCl}_2$  酸化剤 :  $\text{Cl}_2$ , 還元剤 : Cu 色は  $\text{Cu}^{2+}$  による色  
 (0) (0) (+2) (-1)
4.  $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HCl} + \text{HClO}$   $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \rightarrow \text{AgCl} \downarrow$   
 (0) (-1) (+1)
5.  $2\text{KI} + \text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{KCl} + \text{I}_2$   $2\text{KBr} + \text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{KCl} + \text{Br}_2$   $\text{Cl}_2 > \text{Br}_2 > \text{I}_2$
6. ・最も身近なのは水道水中の塩素除去剤としての使用。金魚や熱帯魚の水槽の水替えをする場合、水道水をそのまま入れると殺菌用塩素が含まれているので、少量のチオ硫酸ナトリウムを加えてあらかじめ塩素を除去しておく魚にとって安全である。  
 ・他に写真現像の際の定着剤、シアン化合物の解毒剤などとしても用いられる。

## 無機5 アルカリ金属とその化合物

【準備】リチウム Li, ナトリウム Na, カリウム K, 水酸化ナトリウム NaOH, 炭酸ナトリウム Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, 炭酸水素ナトリウム NaHCO<sub>3</sub>, 6 mol/L 塩酸, 蒸発皿, 時計皿, 試験管3, 500mL ビーカー, フェノールフタレイン, ろ紙, ナイフ (果物用ナイフやカッターナイフ), ピンセット, 洗びん, 点火器

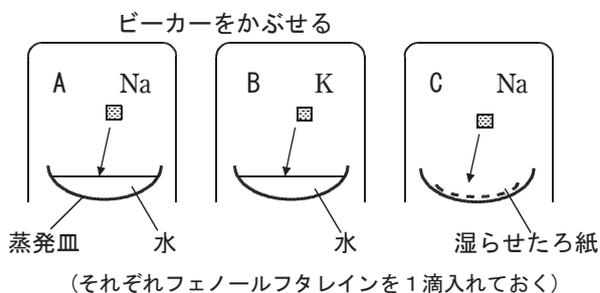
### 【実験操作】

#### ＜アルカリ金属と水の反応＞

1. (演示) 金属のリチウム Li, ナトリウム Na, カリウム K を瓶からろ紙の上に取り出し, ナイフで切る様子を観察せよ。(硬さや切り口の変化にも注目すること)

2. 右図のように, 蒸発皿に約半分程度の水とフェノールフタレインを1滴入れたものを2つ(A, B)と, 湿らせたろ紙にフェノールフタレインを1滴入れたものを1つ(C)準備せよ。

A, C には米粒大の Na, B には米粒大の K を入れ, すぐにビーカーをかぶせ, 反応の様子を観察せよ。完全に反応が終わるまで, ビーカーを取らないこと。



(1) 水に浮くか? A : Na ( ) B : K ( )

(2) 反応中の形? A : Na ( ) B : K ( )

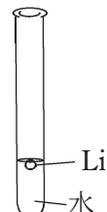
(3) 発火したか? した場合炎の色は?

A : Na ( ) B : K ( ) C : Na ( )

(4) フェノールフタレインの  
変化とその結果わかること \_\_\_\_\_

3. 試験管立てに立てた試験管に水を約 6 mL 入れ, 金属 Li の小片を入れ, 発生した気体が逃げないように, 試験管の口を指で軽く押さえよ。反応が終わったら試験管の口に点火し, 反応の様子を観察せよ。(炎の色もよく観察すること)

反応の様子と炎の色 \_\_\_\_\_



## <ナトリウム化合物の性質>

4. 時計皿に水酸化ナトリウムの粒状固体を3～4個入れ、しばらく放置せよ。十分時間が経ってからその変化を観察せよ。

変化の様子

---

5. 炭酸ナトリウム  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  と炭酸水素ナトリウム  $\text{NaHCO}_3$  の固体をそれぞれ0.5 g ずつ取り、2本の目盛り付き試験管に入れる。

- (1) 水を5 mL ずつ入れ、溶解性の違いを観察せよ。

溶解性の違い

---

- (2) 2本の試験管の溶液量が10 mL になるまで水を加え、結晶を完全に溶解させた後、フェノールフタレインを2滴ずつ入れてよく振り、その違いを観察せよ。

フェノールフタレインの変化の違い

---

- (3) 2本の試験管に6 mol/L の塩酸を交互に1滴ずつ滴下せよ。(フェノールフタレインの色が消えたら、滴下をやめること。)

変化の様子

---

## 【考察】

1. Li, Na, K を硬い順に並べよ。 ( ) > ( ) > ( )
2. 操作1の切り口の変化から Li, Na, K 共通の性質としてわかることを書け。
- 

3. Li, Na, K を水との反応性が大きい順に並べよ。 ( ) > ( ) > ( )

4. Na, K と水との反応式を書け。

Na … \_\_\_\_\_ K … \_\_\_\_\_

5. Li, Na, K の保存にはどのような注意が必要か。 \_\_\_\_\_

6. 操作4で見られた変化はNaOH特有の性質である。これを何というか。 \_\_\_\_\_

7. 操作5(1)(2)からわかることを書け。 \_\_\_\_\_
- 

8. 操作5(3)の反応式を書け。

$\text{Na}_2\text{CO}_3$  … \_\_\_\_\_

$\text{NaHCO}_3$  … \_\_\_\_\_

9.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  や  $\text{NaHCO}_3$  が、日常生活や工業的にどのように利用されているか調べてみよう。

### 【実験上の注意】

1. 教卓で Li, Na, K を切る操作は、教材提示装置を用いてテレビ画面で見せることが望ましい。
2. ビーカーを蒸発皿の上に半分かぶせた状態で金属片を入れ、すぐにフタをさせる。反応の最後にパチッとのはじけるのが危ないので、反応が完全に終わるまでビーカーを取らないように注意する。ろ紙は蒸発皿に入る大きさで、少し水が表面に浮いているくらいがよい。
3. 水素がポンと音を立てて爆発することもあるし、試験管の口で炎を出して燃えることもある。爆発する場合、試験管上部に一瞬赤い火柱が見えるので、見逃さない様に事前に注意しておく。

### 【実験操作の空欄記入例】

1. Li は少し硬く、K が最も軟らかいが、いずれもナイフで容易に切れた。切り口は最初金属光沢が見られたすぐに曇った。
2. (1) A : Na (浮く) B : K (浮く)  
(2) A : Na (丸くなっている) B : K (丸くなっている)  
(3) A : Na (発火しない) B : K (発火する 赤紫色) C : Na (発火する 黄色)  
(4) フェノールフタレインが赤くなったので、塩基性であることがわかる。
3. ポンという音を立てて爆発する。試験管上部に赤い火柱が見えた。
4. 乾いた小さな粒状だったのに、水分を吸って溶けたようになっている。
5. (1)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  はよく溶けたが、 $\text{NaHCO}_3$  は溶けにくかった。  
(2)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  は濃い赤色になり、比較的強い塩基性を示したが、 $\text{NaHCO}_3$  の方は淡黄色で、弱い塩基性であることがわかった。  
(3) いずれからも気体が発生した。

### 【考察の記入例】

1. ( Li ) > ( Na ) > ( K )
2. Li, Na, K いずれも常温で空気中の酸素と反応して酸化物となる。
3. ( K ) > ( Na ) > ( Li )
4.  $2\text{Na} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NaOH} + \text{H}_2$        $2\text{K} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{KOH} + \text{H}_2$
5. 空気に触れないように石油中に保存する。
6. 潮解性
7.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  は水によく溶け比較的強い塩基性を示すが、 $\text{NaHCO}_3$  は  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  に比べると水に溶けにくく、弱い塩基性を示す。
8.  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow 2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$      $\text{NaHCO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$

## 無機6 鉄イオンの反応

【準備】 試験管8,  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , 0.1 mol/L  $\text{FeCl}_3$  aq, 1 mol/L  $\text{NaOH}$  aq, 1 mol/L  $\text{NH}_3$  aq  
0.1 mol/L  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  aq, 0.1 mol/L  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  aq, 0.1 mol/L  $\text{KSCN}$  aq

### 【実験操作】

1. 硫酸鉄(II)七水和物  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  を薬さじ(小)約1杯試験管に入れ, 水に溶かして約12 mL の溶液を作り, 4本の試験管に分ける。(→  $\text{Fe}^{2+}$ の溶液)
2. 0.1 mol/L 塩化鉄(III)  $\text{FeCl}_3$  水溶液を3 mL ずつ4本の試験管に入れる。(→  $\text{Fe}^{3+}$ の溶液)
3. 下の表に従って,  $\text{Fe}^{2+}$ の溶液,  $\text{Fe}^{3+}$ の溶液それぞれに, 1 mol/L 水酸化ナトリウム  $\text{NaOH}$  水溶液, 0.1 mol/L ヘキサシアニド鉄(II)酸カリウム  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  水溶液, 0.1 mol/L ヘキサシアニド鉄(III)酸カリウム  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  水溶液, 0.1 mol/L チオシアン酸カリウム  $\text{KSCN}$  水溶液を点眼びんから2~3滴ずつ加え, その変化を記録する。

	$\text{NaOH}$ aq	$\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ aq	$\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ aq	$\text{KSCN}$ aq
$\text{Fe}^{2+}$ の溶液 溶液の色 ( )	①	②	③	④
$\text{Fe}^{3+}$ の溶液 溶液の色 ( )	⑤	⑥	⑦	⑧

### 【考察】

1.  $\text{Fe}^{2+}$ の溶液と  $\text{NaOH}$ aq が反応するときのイオン反応式を書け。  
\_\_\_\_\_
2.  $\text{Fe}^{3+}$ の溶液と  $\text{NaOH}$ aq が反応するときのイオン反応式を書け。  
\_\_\_\_\_
3. 操作3の②, ③, ⑥, ⑦で同じ結果になるところが2カ所ある。ヘキサシアニド鉄(II)酸カリウム  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  とヘキサシアニド鉄(III)酸カリウム  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  に含まれる  $\text{Fe}$  の価数を考えて, その理由を簡単に説明せよ。  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
4.  $\text{Fe}^{2+}$ の検出に用いるのに最も有効な試薬は4種類のうちどれか。  
\_\_\_\_\_
5.  $\text{Fe}^{3+}$ の検出に用いるのに有効な試薬は4種類のうちどれか。2つ答えよ。  
\_\_\_\_\_

【実験上の注意】

1. 操作1で  $\text{Fe}^{2+}$  の溶液をあらかじめ作っておくことは出来ない。それは、 $\text{Fe}^{2+}$  が空気中の酸素に酸化されて、すぐ  $\text{Fe}^{3+}$  に変化するからである。
2. 操作3の①で生成する緑白色沈殿も時間が経つと鉄イオンが2価から3価となり、赤褐色を帯びるので、反応後すぐの色を観察して記録するように注意しておくべきである。

【実験操作の空欄記入例】

	NaOHaq	$\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ aq	$\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ aq	KSCN aq
$\text{Fe}^{2+}$ の溶液 溶液の色 ( 淡緑色 )	① 緑白色沈殿 が生成する	② 青白色沈殿 が生成する	③ 濃青色沈殿 が生成する	④ 変化なし
$\text{Fe}^{3+}$ の溶液 溶液の色 ( 黄褐色 )	⑤ 赤褐色沈殿 が生成する	⑥ 濃青色沈殿 が沈殿する	⑦ 褐色の溶液 になる	⑧ 血赤色の 溶液になる

【考察の記入例】

1.  $\text{Fe}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2 \downarrow$
2.  $\text{Fe}^{3+} + 3\text{OH}^- \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3 \downarrow$
3. ③と⑥が同じ結果である。 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  に含まれる鉄は3価( $\text{Fe}^{3+}$ )で、③ではこれと  $\text{Fe}^{2+}$  が反応。また、 $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  に含まれる鉄は2価( $\text{Fe}^{2+}$ )で、⑥ではこれと  $\text{Fe}^{3+}$  が反応している。すなわち、 $\text{Fe}^{2+}$  と  $\text{Fe}^{3+}$  の組合せで反応しており、反応の結果、同じ物質が生成したと考えられる。
4.  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  aq
5.  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  aq, KSCN aq

## 無機 7 銅・銀とそのイオンの反応

### 【準備】

$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , 1 mol/L  $\text{NH}_3$ 水, 1 mol/L  $\text{HCl}$ aq, 0.1mol/L  $\text{AgNO}_3$ aq, 0.1mol/L  $\text{NaCl}$ aq  
0.1mol/L  $\text{KBr}$ aq, 0.1mol/L  $\text{KI}$ aq, グルコース, 300ビーカー, 葉さじ  
試験管, ガスバーナー, 洗びん,

### 【実験操作】

#### <銅イオンの反応>

1. 硫酸銅(II)五水和物  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  の結晶を葉さじ(小)で2杯試験管に取り, バーナーで加熱する。(1カ所だけを加熱せず, 試験管を回すなどして全体を加熱すること。)

結晶の色 \_\_\_\_\_ 加熱後の変化 \_\_\_\_\_

2. 1で加熱した結晶に水を1滴落として変化を見た後, 水を6 mL加えてよく溶かす。

変化 \_\_\_\_\_ 溶液の色 \_\_\_\_\_

3. 2で得られた溶液を2等分し, 両方にアンモニア水を3滴ずつ加える。

アンモニア水を少量加えたときの変化 \_\_\_\_\_

4. 3の2本の試験管のうち1本にさらにアンモニア水を1滴ずつ加えてよく振る。(変化が見られたらすぐアンモニア水の滴下をやめる。)

アンモニア水を過剰に加えたときの変化 \_\_\_\_\_

5. 4で得られた溶液に塩酸を1滴ずつ滴下する。

変化 \_\_\_\_\_

6. 3の2本の試験管のうち残る1本を加熱する。

変化 \_\_\_\_\_

#### <銀イオンの反応>

7. 硝酸銀  $\text{AgNO}_3$ 水溶液5 mLを試験管に取り, アンモニア水を3滴加える。

アンモニア水を少量加えたときの変化 \_\_\_\_\_

8. 7の後さらにアンモニア水を1滴ずつ加えてよく振る。(変化が見られたらすぐアンモニア水の滴下をやめる。これをアンモニア性硝酸銀水溶液という。)

アンモニア水を過剰に加えたときの変化 \_\_\_\_\_

9. 8で得られたアンモニア性硝酸銀水溶液にグルコースを葉さじ(小)で1杯入れてよく混ぜ, 右図の様に温水を入れたビーカーの中で試験管を回して変化を見る。

変化 \_\_\_\_\_



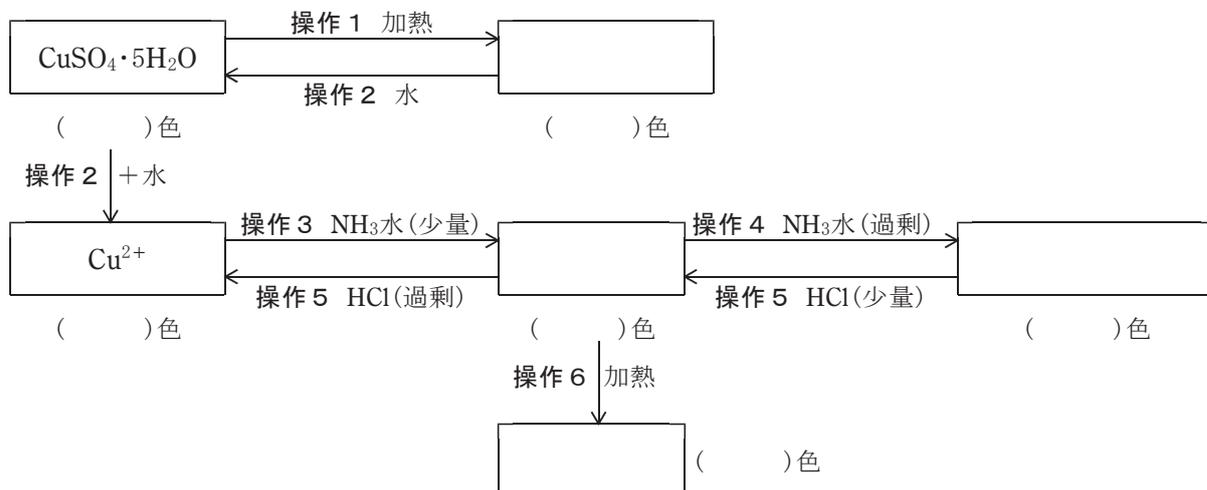
10. 3本の試験管に硝酸銀  $\text{AgNO}_3$  水溶液を 3 mL ずつ取り、それぞれに、 $\text{NaCl}$ 、 $\text{KBr}$ 、 $\text{KI}$  を数滴加え変化を見る。

変化  $\text{NaCl}$   $\text{KBr}$   $\text{KI}$

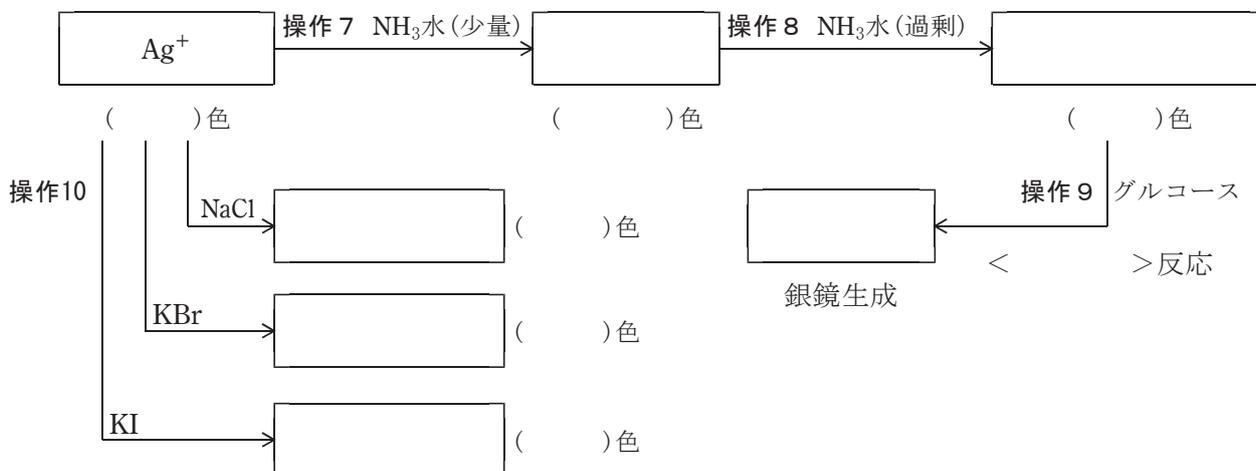
---

**【考察】**

1. 操作 1 ~ 6 の変化を次の系統図にまとめよ。□ に化学式，( ) に色を書け。



2. 操作 7 ~ 10 の変化を次の系統図にまとめよ。□ に化学式，( ) に色を書け。  
 また操作 9 の反応を何とよいか。< > に書け。



**【実験上の注意】**

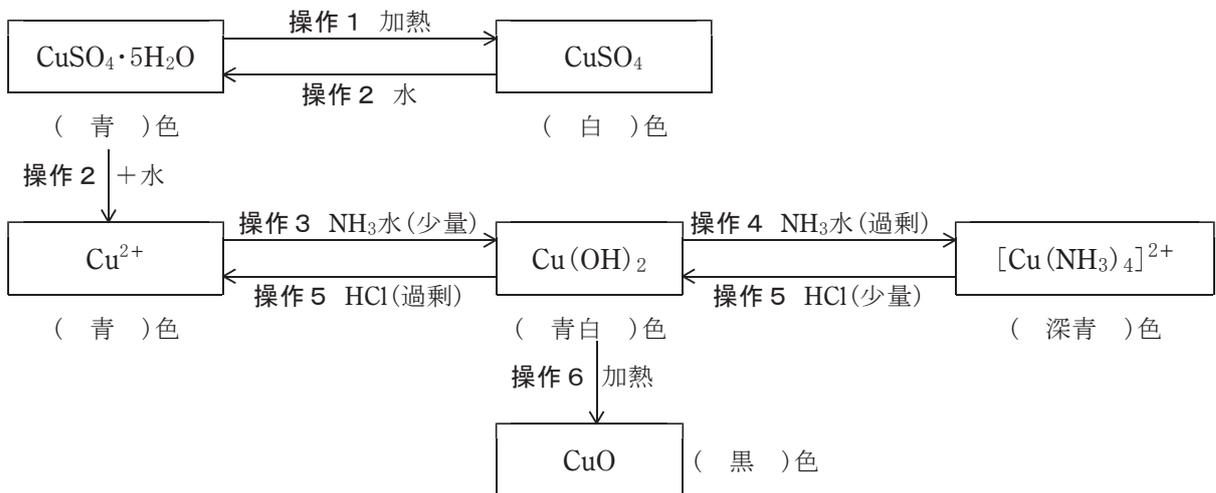
1. 硫酸銅(II)五水和物の加熱は少しでよく、一部が白くなることがわかればよい。
2. 操作 3, 4, 7, 8 で、アンモニア水は少しずつ加えさせる。最初から一気に入れてしまうと沈殿生成を確認することなく溶液になってしまう。
3. 操作 9 で試験管を回すのは、熱が伝わりやすくすること、内壁全体に均一に銀を析出させるためである。ゆっくり回せばよい。温水につけるとあるが、夏期はそのままでもきれいな銀鏡が生成しやすい。逆に温度を上げすぎるときれいな銀鏡が出来ないこともある。

【実験操作の空欄記入例】

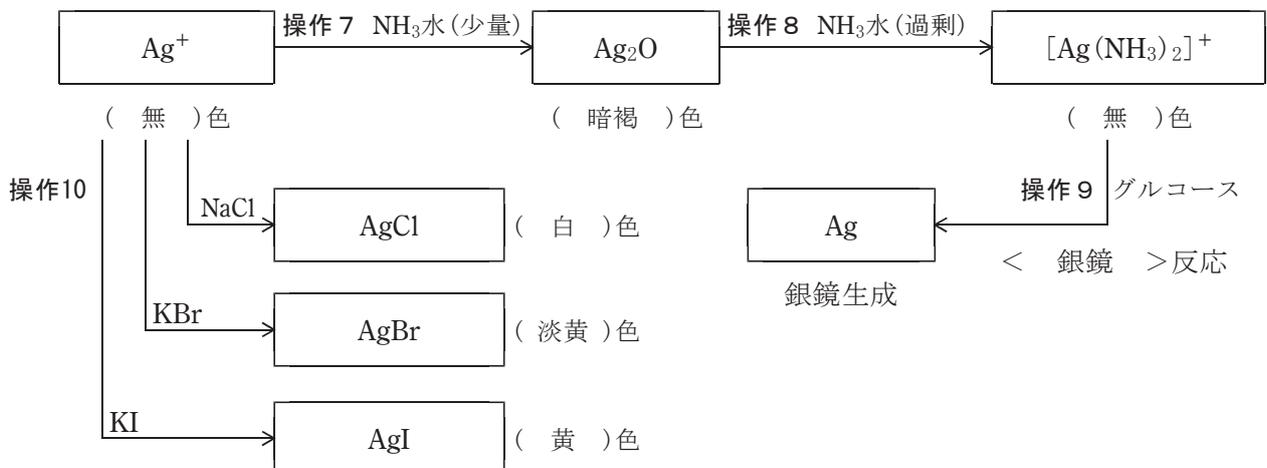
1. 結晶は青色。加熱後は白色になる。
2. 水を落とすとその部分が白くなる。水に溶かすと青色の溶液になる。
3. 青白色の沈殿が生成する。
4. 沈殿が溶け、深青色の溶液になる。
5. 少量加えると青白色の沈殿に戻り、さらに加えると沈殿が溶けて青色の溶液になる。
6. 黒色の沈殿が生成する。
7. 暗褐色の沈殿が生成する。
8. 沈殿が溶け、無色透明の溶液となる。
9. 試験管の内壁に銀が析出し、鏡のようになる。
10. それぞれ沈殿が生成する。NaCl：白色沈殿 KBr：淡黄色沈殿 KI：黄色沈殿

【考察の記入例】

1. 操作1～6の変化を次の系統図にまとめよ。□に化学式，( )に色を書け。



2. 操作7～10の変化を次の系統図にまとめよ。□に化学式，( )に色を書け。



## 無機8 金属イオンの分離

【準備】 試料溶液 (0.1 mol/L  $\text{AgNO}_3\text{aq}$ , 0.1 mol/L  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2\text{aq}$ , 0.1 mol/L  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3\text{aq}$ , 0.1 mol/L  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2\text{aq}$  を各2 mL ずつ混合したもの), 6 mol/L  $\text{HCl aq}$ , 6 mol/L  $\text{NH}_3 \text{aq}$ , 3 mol/L  $\text{HNO}_3\text{aq}$ , 硫化水素水, 濃硝酸, 0.1 mol/L  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]\text{aq}$ , ろうと, ろ紙,

【実験操作】  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  の4種類のイオンを含む溶液に次の操作を行い, イオンを分離すると共に, 確認を行う。

1. ( $\text{Ag}^+$  の分離) 試験管内の混合溶液10 mL に希塩酸  $\text{HCl}$  を少しずつ加えよく振ると, 塩化銀  $\text{AgCl}$  の白色沈殿が生成するので, これをろ過する。(ろ液は試験管で受ける。) 沈殿の上から純水を少量かけて洗うこと。

ろ紙上の沈殿 → 2へ

ろ液 → 3へ

2. ( $\text{Ag}^+$  の確認) 1のろ紙上の沈殿  $\text{AgCl}$  の上から, 少量のアンモニア水  $\text{NH}_3$  を2~3回に分けて注ぐと, 沈殿は ジアンミン銀(I)イオン  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$  となって溶ける。(すべて溶けなくてもよい。) その溶液に希硝酸  $\text{HNO}_3$  を加え酸性にすると, 白色沈殿  $\text{AgCl}$  が生成する。

3. ( $\text{Cu}^{2+}$  の分離) 1のろ液(弱酸性)に硫化水素水  $\text{H}_2\text{S aq}$  を少しずつ約5~10秒通じて黒色沈殿  $\text{CuS}$  をつくりろ過する。(ろ液はビーカーで受ける。)

ろ液 → 4へ

4. ( $\text{Fe}^{3+}$  の分離) 3のろ液を30秒煮沸し, 硫化水素  $\text{H}_2\text{S}$  を追い出す。 $\text{H}_2\text{S}$  によって,  $\text{Fe}^{3+}$  が  $\text{Fe}^{2+}$  に還元されてしまっているので, 濃硝酸を数滴入れ,  $\text{Fe}^{2+}$  を  $\text{Fe}^{3+}$  に酸化する。煮沸をやめて冷却後アンモニア水  $\text{NH}_3$  を加えアルカリ性にすると, 水酸化鉄(III)  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  の赤褐色の沈殿が生成するので, これをろ過する。(ろ液は試験管で受ける。)

ろ紙上の沈殿 → 5へ

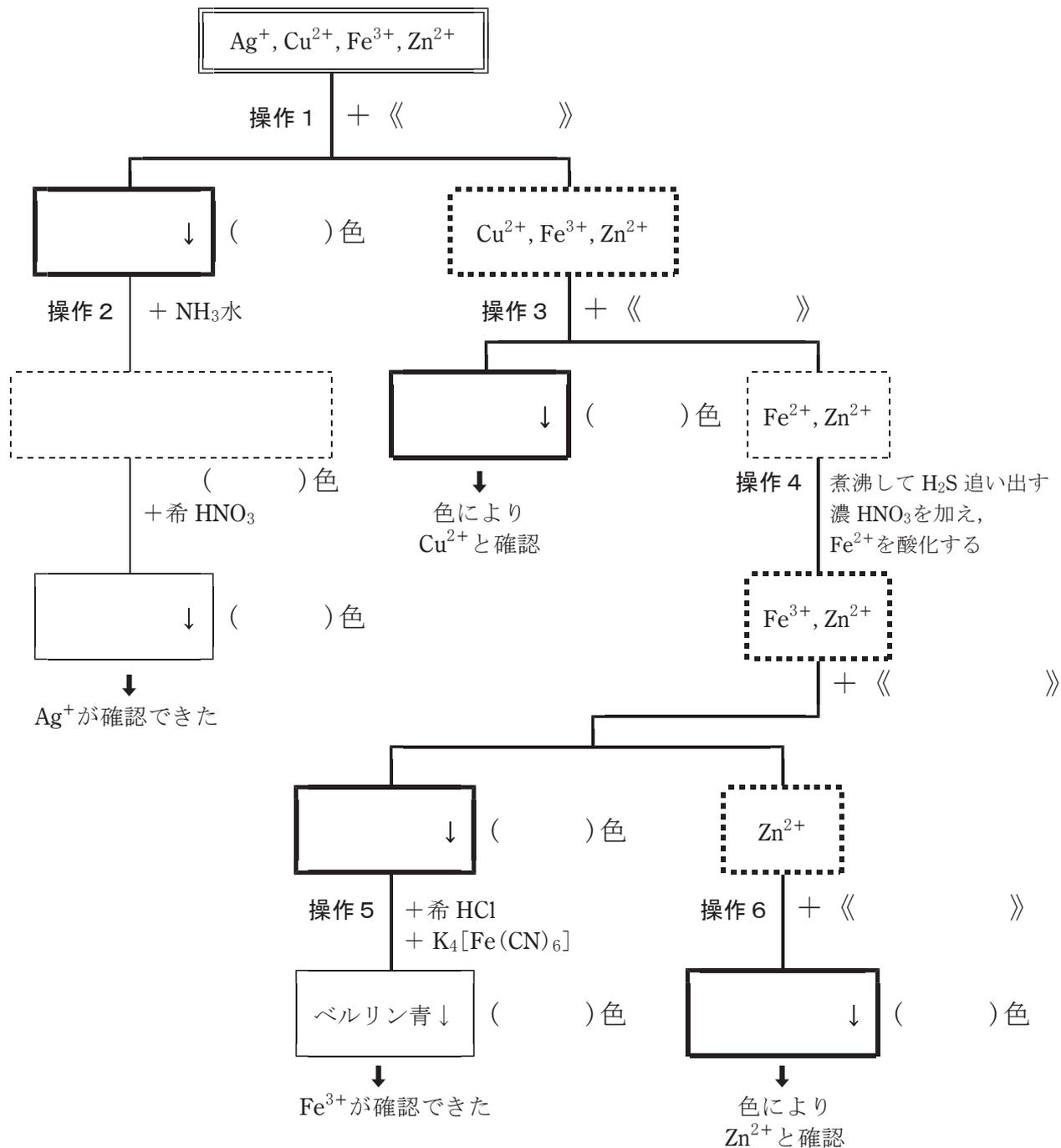
ろ液 → 6へ

5. ( $\text{Fe}^{3+}$  の確認) 4のろ紙上の沈殿  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  の上から, 少量の希塩酸  $\text{HCl}$  を2~3回に分けて注ぐと沈殿が溶ける。この溶液にヘキサシアニド鉄(II)酸カリウム  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  を1~2滴加えると, 濃青色の沈殿(ベルリン青)が生成する。

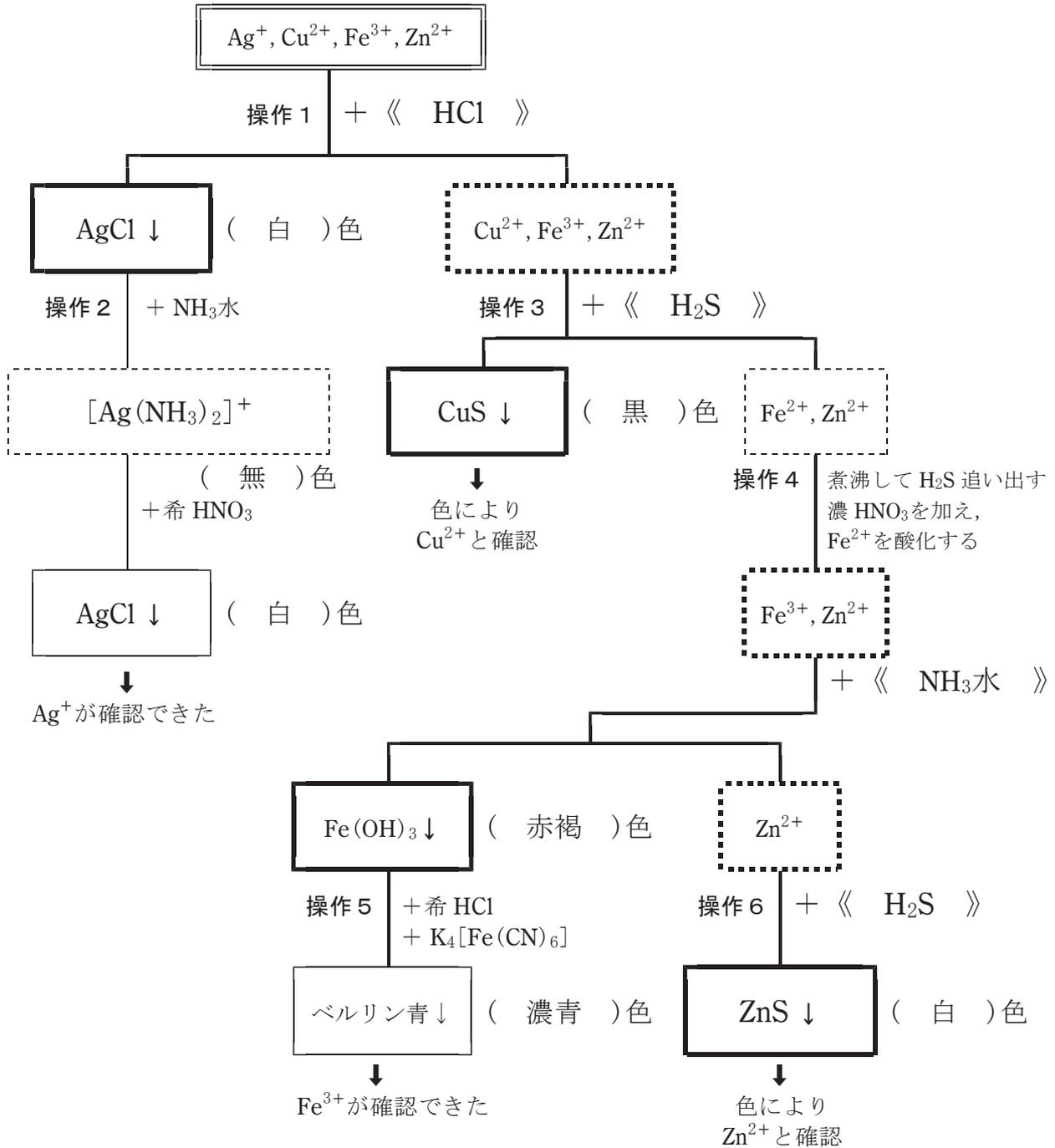
6. ( $\text{Zn}^{2+}$  の分離) 4のろ液(弱塩基性)に硫化水素水  $\text{H}_2\text{Saq}$  を加えて, 硫化亜鉛  $\text{ZnS}$  の白色沈殿をつくる。

【考察】 実験操作の流れと結果を次の系統図にまとめよ。

に沈殿の化学式,  にイオンの化学式,  
 ( ) に色, 《 》 に加える試薬名を書くこと。



【考察の記入例】



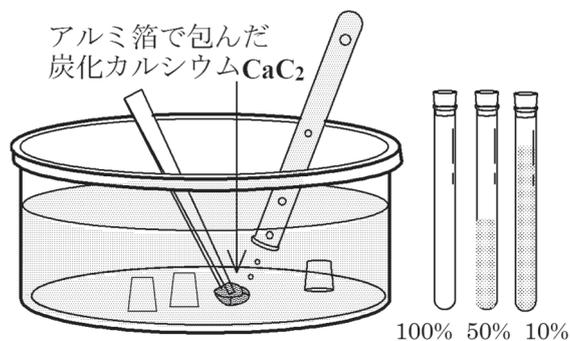
## 有機 1 アセチレンの性質

【準備】 器具：水層，試験管，ピンセット，ゴム栓，アルミ箔，ライター  
 試薬：炭化カルシウム，臭素水

### 【実験操作】

#### <A> アセチレンの発生・回収

1. 小指先大の炭化カルシウム  $\text{CaC}_2$  をシャープペンシルの芯で中央に1つ小さな穴を開けたアルミ箔で包み，ピンセットで水中に沈める。
2. 炭化カルシウムと水の反応で生じるアセチレンが3つの試験管内でそれぞれ100%，50%，10%になるよう水上捕集し，ゴム栓をする。
3. 50%，10%のものは，試験管を逆立ちさせてゴム栓をとり，中の水を捨てたあとよく振って空気と混合する。



#### <B> アセチレンの性質

4. アセチレン各50%と10%の燃焼を，試験管を試験管立てに立てた状態で点火し，炎の色，すすの発生程度などを観察する。
5. アセチレン100%の試験管に臭素水  $\text{Br}_2$  を3滴入れ，ゴム栓をしてよく振り，色の変化を観察する。

### 【結果】

燃焼の様子		$\text{Br}_2$ との反応	
アセチレン $\text{C}_2\text{H}_2$ 50%	アセチレン $\text{C}_2\text{H}_2$ 10%	アセチレン $\text{C}_2\text{H}_2$ 100%	

### 【考察】

1. アセチレン発生の反応式を書け。 \_\_\_\_\_
2. アセチレンと臭素  $\text{Br}_2$  が1：1のモル比で反応した時の生成物の構造式を書け。

### 【実験上の注意】

- 1：炭化カルシウムを水につけた瞬間一気に気体が発生するため、アルミ箔に開ける穴は小さくてよい。(穴以外は密封すること。)
- 2：最初は気体が勢いよく出るので、100%の気体回収から行うよう指示するとよい。ゴム栓はすぐに栓ができるよう、水槽内で立てておくとうい。
- 3：試験管内の水を出す際に、勢いよく出すとアセチレンが外気と入れ替わってしまう可能性があるため、ゴム栓で押しえながらゆっくり水を流すとよい。
- 4：10%の試験管は勢いよく爆発するため、必ず上からのぞき込まない。50%の試験管に点火すると、大量のすすが舞うので、燃焼の様子を確認できたらすぐにゴム栓をするよう指示をしておくとうい。

### 【結果の空欄記入例】

燃焼の様子		Br <sub>2</sub> との反応
アセチレン C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> 50%	アセチレン C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> 10%	アセチレン C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> 100%
すすをたくさん出して燃える(黄色の炎)	大きな音を出して爆発する(青白い炎)	臭素の色が消える

### 【考察の空欄記入例】

1.  $\text{CaC}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{C}_2\text{H}_2 \uparrow$
2. 
$$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{C}=\text{C} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{Br} \quad \text{Br} \end{array}$$

## 有機2 アルコールの性質 (エタノールとナトリウムの反応)

【準備】 器具：試験管，試験管キャップ，バーナー，ピンセット  
試薬：エタノール，ナトリウム



### 【実験操作】

1. 試験管にエタノールを 2 mL とる
2. ナトリウム Na (米粒大) を試験管に入れ，キャップをかぶせ，反応の様子を見る。
3. 反応終了後，試験管の口の栓をとり，火を近づけ，変化をみる。

ナトリウムを扱うときには乾いたピンセットを用いること。

また，すべてのナトリウムが反応したことを確認してから，残った液を捨てること。

### 【結果・考察】

反応の様子： \_\_\_\_\_

反 応 式： \_\_\_\_\_

### 【実験上の注意】

- 1： ナトリウムは必ず乾いたピンセットで扱うこと。
- 3： 点火する際，試験管は試験管立てにおき，上からのぞき込まない。

### 【結果・考察の空欄記入例】

反応の様子： 気体を出しながらゆっくり溶けていく。

反 応 式：  $2 \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + 2\text{Na} \rightarrow 2 \text{CH}_3\text{CH}_2\text{ONa} + \text{H}_2$

## 有機3 アルデヒド・ケトン

### 実験① ホルムアルデヒドの生成

【準備】 器具：試験管，バーナー，銅線

試薬：メタノール

#### 【実験操作】

1. 試験管にメタノール  $\text{CH}_3\text{OH}$  を 1 mL とり，バーナーの炎に数秒入れてあたためる。
2. らせん状の銅線をバーナーの外炎で赤熱し，炎から出して黒くなったところで試験管に入れる。※銅線が液面につかないよう上下させる。
3. 銅線の色の变化，メタノールのにおいの変化を調べる。



#### 【結果・考察】

銅線の変化：  $\text{Cu} \xrightarrow{\text{加熱}} (\quad) \xrightarrow{\text{試験管に入れる}} (\quad) \xrightarrow{\text{出す}} (\quad)$

銅線の変化：( )色 → ( )色 においの変化：( ) → ( )

反応式： \_\_\_\_\_

#### 【実験上の注意】

- 1：メタノールは少し沸騰し始めたくらいで加熱を止めるとよい。
- 2：銅線が液面に付くと反応が停止する。必ず液につけないよう指導する。

#### 【結果・考察の空欄記入例】

銅線の変化：  $\text{Cu} \xrightarrow{\text{加熱}} (\text{CuO}) \xrightarrow{\text{試験管に入れる}} (\text{Cu}) \xrightarrow{\text{出す}} (\text{CuO})$

銅線の変化：(黒)色 → (赤)色 においの変化：(なし) → (刺激臭)

反応式：  $\text{CuO} + \text{CH}_3\text{OH} \rightarrow \text{Cu} + \text{CH}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$

## 実験② 銀鏡反応

【準備】 器具：試験管，ビーカー，お湯

試薬：アンモニア水，硝酸銀水溶液，グルコース

### 【実験操作】

1. 試験管に硝酸銀水溶液を 2 mL 入れ，アンモニア水を一滴ずつ加え振り混ぜる。
2. 試験管内が無色透明になったら，グルコースを少量加え，軽く振って溶かしたのち，試験管を湯浴する。

### 【結果・考察】

試験管内の変化：  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$   $\longrightarrow$

### 【実験上の注意】

2. 無色透明になってからでないと失敗しやすい。

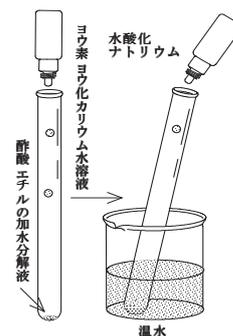
### 【結果・考察の空欄記入例】

試験管内の変化：  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$   $\longrightarrow$  Ag

## 実験③ ヨードホルム反応

【準備】 器具：試験管，ビーカー，お湯

試薬：アセトン，2-プロパノール，メタノール，水酸化ナトリウム水溶液 (6mol/L)，ヨウ素ヨウ化カリウム水溶液 (水 100mL にヨウ化カリウム KI 5g とヨウ素 I<sub>2</sub> 0.2g を溶かしたもの)



### 【実験操作】

1. 試験管にアセトン 2 mL，ヨウ素ヨウ化カリウム水溶液を 1 mL 加えて湯浴する。
2. 水酸化ナトリウム水溶液 1 滴を加えよく振り混ぜる操作を繰り返し，溶液が濁ればしばらく静置した後，沈殿の色とにおいを調べる。

### 【結果・考察】

沈殿の色： \_\_\_\_\_



### 【結果・考察の空欄記入例】

沈殿の色： \_\_\_\_\_ 黄色 \_\_\_\_\_



## 有機 4 エステルの合成

【準備】 器具：試験管(2本×2)，ピペット(ゴムとセット) 1本，ピペット用試験管 1本  
薬品：酢酸，1-ペンタノール，2-ペンタノール，濃硫酸，水

### 【実験操作】

<A>

1. 2 mL の 1-ペンタノールと 2 mL の酢酸を試験管の中で混ぜ，濃硫酸を数滴加える。
2. 2～3 分間よく振り混ぜたら水を約 5 mL 入れる。
3. 試験管を手で仰ぐようにしてにおいの変化を確認する。

<B>

4. 2 mL の 2-ペンタノールと 2 mL の酢酸を試験管の中で混ぜ，濃硫酸を数滴加える。
5. 2～3 分間よく振り混ぜたら水を約 5 mL 入れる。
6. 試験管を手で仰ぐようにしてにおいの変化を確認する。

### 【考察】

・実験<A><B>で起こった反応を，構造式を用いて反応式で示せ。

<A>

<B>

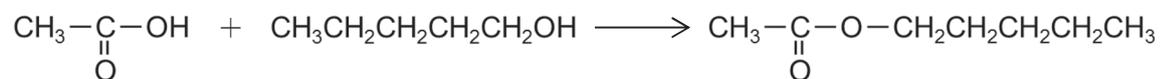
### 【実験上の注意】

ピペットの使い方や試験管の振り方等，基本的な実験操作の学習としてもよい。

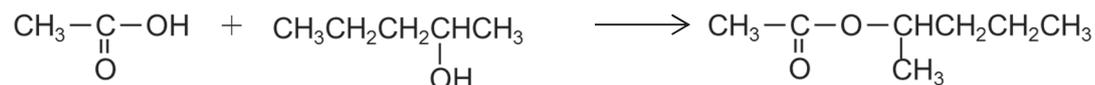
1. 4：濃硫酸を加える操作は教員が行うことが望ましい。

### 【考察の空欄記入例】

<A>



<B>



## 有機5 サリチル酸の反応

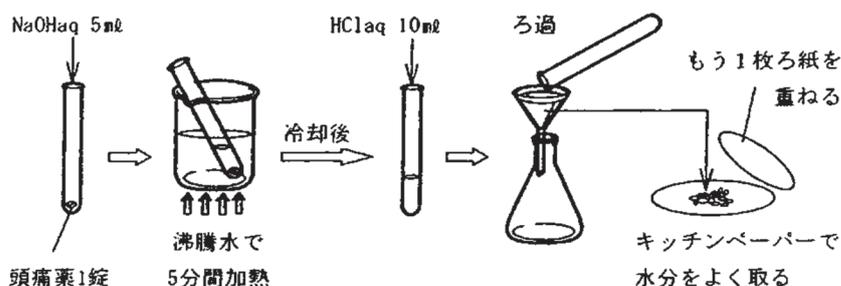
【準備】 器具：試験管，ビーカー(50 mL，200 mL) 三角フラスコ(200 mL)，ろうと，ろ紙(2)，温度計，キッチンペーパー，バーナー，三脚，金網

試薬：頭痛薬(バファリン)，メタノール，塩酸(6 mol/L)，水酸化ナトリウム水溶液(6 mol/L)，濃硫酸，塩化鉄(III)水溶液

### 【実験操作】

#### <A> 頭痛薬を分解する

1. 試験管に頭痛薬を1錠入れ，水酸化ナトリウム水溶液を5 mL加え，200 mLビーカーの沸騰水につけて5分間加熱する。
2. 試験管を流水で30秒ほど冷却し，塩酸を10 mL加える。
3. ろ液はフラスコで受けるようにして，生成した沈殿をろ過する。このとき，試験管内に残った沈殿も水を入れて，ろ紙上に流しだすこと。溶け残った頭痛薬のかたまりがあれば捨てること。
4. ろ紙の上から純水を少しかけて沈殿を洗う。
5. ろ紙を開き，別のろ紙を乗せ，2枚のキッチンペーパーで挟んで，水分を十分にとる。

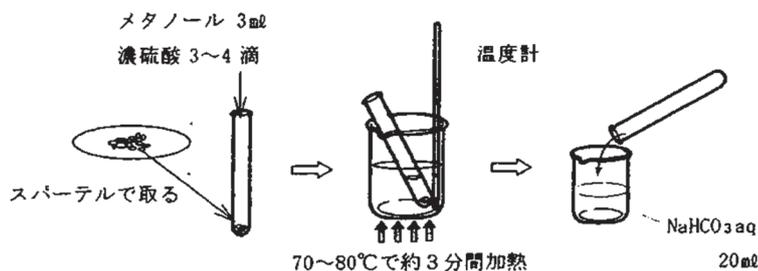


#### <B> 新しい薬を合成する

6. 5のろ紙上の沈殿をスパテルの平らな部分でこすり取り，試験管に入れ，メタノールを3 mL加える。ろ紙上に残っている沈殿に，塩化鉄(III)水溶液を1~2滴加える。

変化： \_\_\_\_\_

7. 濃硫酸を3~4滴加え，時々振り混ぜながら，70~80°Cを約3分間加熱する。このとき，温度が80°C以上になると危険なので注意する。



8. 50 mLビーカーに炭酸水素ナトリウム水溶液を20 mL入れ，7の試験管の液を入れる。液を入れた瞬間の反応の様子と，生成物の状態，においを調べる。

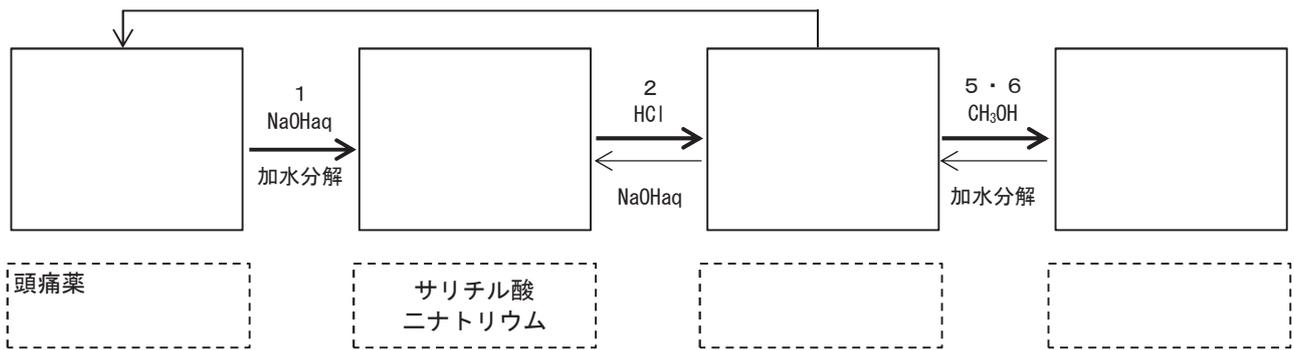
入れた瞬間の反応： \_\_\_\_\_

生成物の状態： \_\_\_\_\_

におい： \_\_\_\_\_

**【考察】**

<A> この実験で起こった反応の系統図を完成せよ。(太矢印が実験したところ)



<B> 8 の操作は何のために行ったか説明せよ。

**【実験上の注意】**

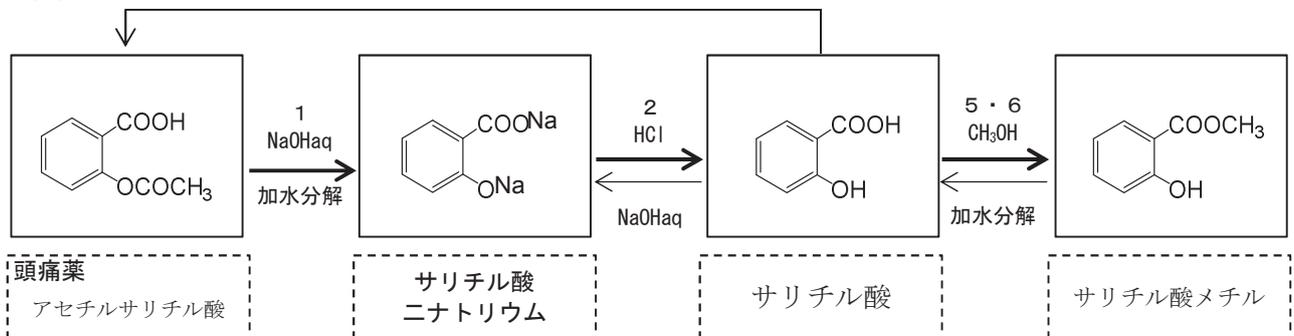
- 1 : 弱酸遊離と加水分解, エステル結合についての理解が問われる。考察に時間を十分にとるためにも, 授業開始とともにビーカー内の水を沸騰させ始める, 頭痛薬を溶かす時にはガラス棒を使う等で, 時間短縮をするとよい。
- 3 : バファリンには水に溶けにくい成分(紙のようなものが溶けずに残る)が使用されているため, ガラス棒等で取り除くとよい。
- 5 : キッチンペーパーは2回折りたたみ挟むと水を吸収しやすくなる。
- 7 : 濃硫酸を加える操作は教員が行うことが望ましい。

**【実験操作の空欄記入例】**

6. 変化 青紫色に変わる。
8. 入れた瞬間の変化 気体が発生する  
におい 湿布薬のにおい

**【考察の空欄記入例】**

<A>



<B> 未反応のサリチル酸を炭酸水素ナトリウム  $\text{NaHCO}_3$  との反応で水溶性のサリチル酸ナトリウムとし, 目的生成物のサリチル酸メチルと分離するため。

## 有機6 タンパク質の呈色反応

【準備】 器具：試験管，バーナー

試薬：卵白(6倍希釈)，水酸化ナトリウム水溶液(0.20 mol/L)，硫酸銅(Ⅱ)水溶液(0.50 mol/L)，アンモニア水(0.10 mol/L)，ニンヒドリン試薬，濃硝酸，水酸化ナトリウム(固体) 酢酸鉛(Ⅱ)水溶液

### 【実験操作】

#### <A> ビウレット反応

1. 6倍希釈した卵白の入った試験管に，水酸化ナトリウム水溶液を加える。
2. 硫酸銅水溶液を加え，色の変化を確認する。

#### <B> キサントプロテイン反応

3. 6倍希釈した卵白の入った試験管に，濃硝酸を加えしばらく温める。
4. 少し冷やした後，アンモニア水を加え，色の変化を確認する。

#### <C> ニンヒドリン反応

5. 6倍希釈した卵白の入った試験管に，ニンヒドリン試薬を加えしばらく温める。
6. 色の変化を確認する。

#### <D> 硫黄の検出

7. 6倍希釈した卵白の入った試験管に，固体の水酸化ナトリウムを加えしばらく温める。
8. 少し冷やした後，酢酸鉛(Ⅱ)水溶液を加え，色の変化を確認する。

### 【結果・考察】

色の変化，各反応により検出された物質，またその変化が起きた原因についてまとめよ。

反応名	色の変化	検出された物質	変化の原因
ビウレット反応			
キサントプロテイン反応			
ニンヒドリン反応			
硫黄の検出			

### 【実験上の注意】

- 1：少し振りながら行くと、色の変化をすぐに確認しやすい。
- 3：急に加熱すると卵白が固まってしまうので、直接試験管を火に当てず、湯浴するとよい。
- 4：反応が進むと薄黄色になるので、その後でアンモニア水を入れると成功しやすい。
- 7：水酸化ナトリウムは始めは溶けにくいのでガラス棒等がかき混ぜながら溶かすとよい。
- 8：酢酸鉛(II)水溶液を入れた後は、しばらく静置しておくとう硫化鉛が確認しやすい。

### 【結果・考察の空欄記入例】

反応名	色の変化	検出された物質	変化の原因
ビウレット反応	赤紫色	トリペプチド以上	トリペプチド(アミノ酸3つ)以上で $\text{Cu}^{2+}$ と配位結合した
キサントプロテイン反応	黄色	ベンゼン環	構成アミノ酸中のベンゼン環がニトロ化した
ニンヒドリン反応	青紫色	アミノ基	アミノ基 $-\text{NH}_2$ との反応が起きた (アミノ酸でも反応)
硫黄の検出	黒色沈殿	硫黄	成分元素として含まれる硫黄が $\text{S}^{2-}$ となって反応した