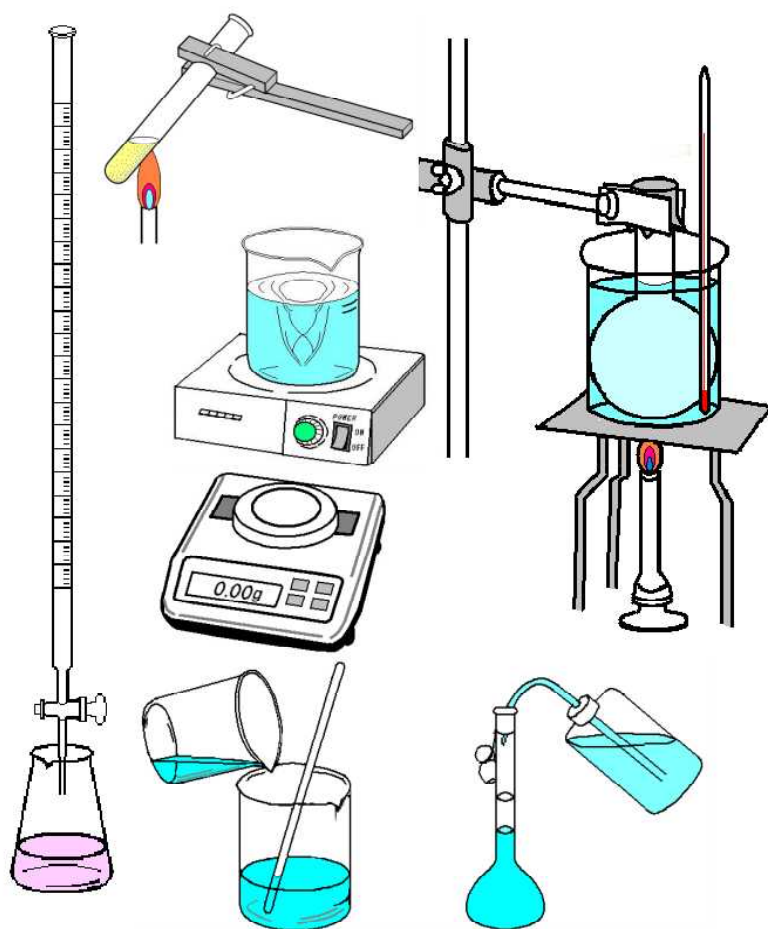


高等学校 理科実験手引書



山梨県高等学校教育研究会
理科部会実習分科会

実験書・手引書

化学編

1	「ガスバーナーの使い方」と「ものを見つめる」 ～ヨーチンの分離～	1
2	物質の分離	5
3	硫黄の同素体	10
4	水素 100mL をつくろう	16
5	pH の測定～ pH 試験紙と植物色素を使って	20
6	中和滴定	26
7	ろ紙電池	32
8	熱気球をつくって飛ばそう	38
9	気体の分子量	41
10	コロイド溶液	46
11	ヘスの法則	51
12	ハロゲン	57
13	硫酸の性質	66
14	硝酸と窒素の酸化物	74
15	アンモニア	81
16	アルカリ金属・アルカリ土類金属	87
17	銅イオンと銀イオンの反応	93
18	メタン・アセチレンの性質	101
19	アルコールとアルデヒド	106
20	カルボン酸とエステル	113
21	高分子化合物の合成 (6.6-ナイロン)	118
22	ナイロンの合成 (6.10-ナイロン)	122
23	銅アンモニアレーヨンの合成	128

生物編

1	顕微鏡の使い方	132
2	原核生物イシクラゲを観察しよう	136
3	マイクロメーターの使い方	141
4	脱水素酵素 デヒドロゲナーゼ	146
5	体細胞分裂の観察	151
6	ブロッコリーの DNA 抽出	157
7	血液の観察	162
8	ニワトリの脳の観察	165

物理編

1	重力加速度の測定	172
2	比熱の測定	178
3	気柱の共鳴	183
4	クリップモーターの作成	188

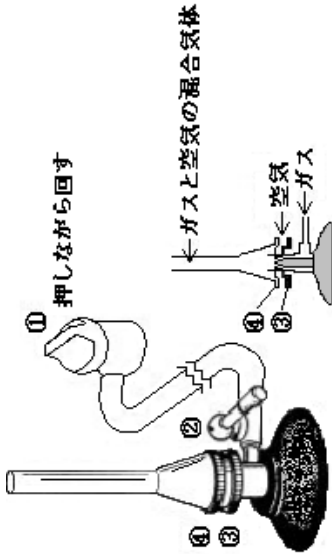
「ガスバーナーの使い方」と「ものを見つめる」～ヨーチンの分離～

年 組 番 氏 名

1・ガスバーナーの使い方

各部の名称

- ①元栓 ②バーナー部元栓 ③ガス量調節ねじ ④空気量調節ねじ



点火の手順

- (1) ③④が閉じてあることを確認して①→②の順で開く。
(2) マッチの火をバーナーの口元に近づけてから③を開く。
(3) 火がついたら③をさらに開き、④を開いて炎を青くする。

消火の手順

- ④→③→②→①の順番で閉じていく。

2・～ものを見つめる～

化学は物質を対象とする学問であるから、物質をよく知る方法を学ぶことが必要である。物質をよく知るためには、物質と対話し、アノテ、コノテで物質に迫ることである。そこで私たちは、道具(手や目を含めて)を使って意図的・積極的に働きかけること(実験)により物質と対話し、物質のいろいろな顔や姿、そして反応を学ぶのである。

物質の状態

★混合物と純物質

身の回りの物質にアタックしてみよう。

保健室からヨーチン(ヨードチンキ)をもらってきました。皆さんご存じの通り、傷口などを消毒する薬です。

ヨーチンは、どんな成分からできているのだろうか。予想してみてください。

予想
・
・
・

◇◇実験Ⅰ◇◇ ～ヨーチンを加熱してみよう～

【目的】ヨーチンを加熱して成分を探る

【薬品】ヨーチン(ヨードチンキ)、沸騰石

【器具】試験管、試験管ばさみ、ガスバーナー

【方法】

- ①試験管にヨーチン(2mL)と沸騰石を入れて、ガスバーナーで緩やかに加熱を始める。加熱するとき、試験管を固定しないで、振るようにして全体を加熱すること。
また、試験管の口を絶対に人の方に向けないこと。

- ②沸騰してきたら、臭いを嗅ぎ、試験管の口を炎に近づけてみる。

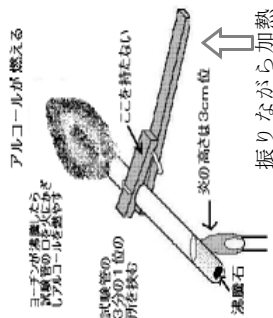
- ③試験管の先に火がついたらまた加熱する。

- ④試験管内に色が付くので、何色が観察する(蒸気を吸わない)。

- ⑤さらに加熱を続け、試験管内の液体をすべて蒸発させる。

- ⑥試験管の中の沸騰石を取り出し更に加熱を続ける。

- ⑦試験管内には何が残っているだろうか。観察する。



【整理】色や形など、自分で思いつくままに書いてみよう。

- ①色が付いた物質は・・・・・・炎の色は()
(沸騰したら試験管の口を火にかざす)臭いは()
②蒸気の色は・・・・・・蒸気の色は()
(だだよっているにおいをかぐ)臭いは()
③ブクブク沸騰したのは・・・・・・色は()
(試験管の口の回りを観察)何みたい()
④最後に残ったものは・・・・・・色は()
(沸騰石を取り出してから加熱)何みたい()

【結論】①～④の物質は次の通りです。

- ① ② ③ ④

以上のものが混ざってヨーチンキはできている。

混合物と純物質

1種類の物質できているものを()といい、複数の()が混ざっているものを()という。

練習・・・次にあげる物質を混合物(○)純物質(△)に分けなさい。

- 空気()・マヨネーズ()・海水()・氷()・プロパン()
ダイヤモンド()・灯油()・サラダ油()・アルミニウム()
金()・酸素()・鉄鉱石()・アンモニア()・牛乳()

「ガスバーナーの使い方」と「ものを見つめる」～ヨーチンの分離～

I 準備における留意事項

1 使用器具

ガスバーナー，試験管，試験管ばさみ，マッチ，ガスバーナー

2 使用する試薬等

ヨーチン（稀ヨードチンキ）	
性質	・ヨウ素とヨウ化カリウムをエタノールに溶かした，赤褐色の液体。 ・ヨウ素及びエタノールにより，外用殺菌，刺激剤としての薬効を有する。 ・特異なおいがある。
保管	・室温・火気を避けて保存する。
毒性	・同一部位に反復使用した場合，急性皮膚炎を起こすことがある。
廃棄	・廃棄物処理業者に委託する。
注意	・眼に入らないよう注意する。入った場合には水でよく洗い流す。 ・加熱により発生する紫色の微粒子を吸い込まないようにする。

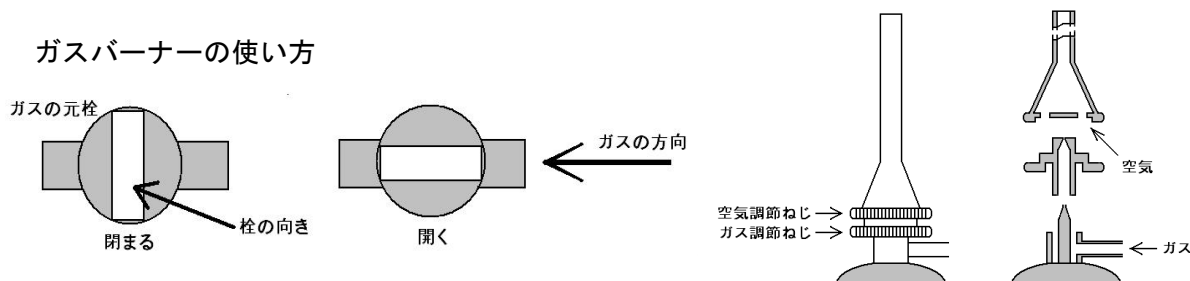
II 実施上の留意事項

1 実験室使用にあたっての注意点，また試験管加熱の際の注意点

- (1) 実験室では落ち着いて行動する。ふざけた行動をしないこと。
 - (2) 実験の時には，椅子を机の下に入れ立って行う。
 - (3) 加熱の時，試験管の口は，人のいない方へ向ける。
 - (4) 試験管ばさみは，試験管の上から3～4分の1くらいの所をはさむ。
 - (5) 試験管は真っ直ぐ立てて加熱をしない。試験管を傾けて加熱する。
 - (6) 試験管を左右に振りながら加熱する。
 - (7) 加熱した試験管は，試験管立てにすぐに置かない（コーティングが溶けて傷むから）。
- ※実験台は耐熱性になっているので場合によっては寝かせて置くこともある。

上記実施上の注意点は，実験の前に必ず生徒に伝える！

2 ガスバーナーの使い方

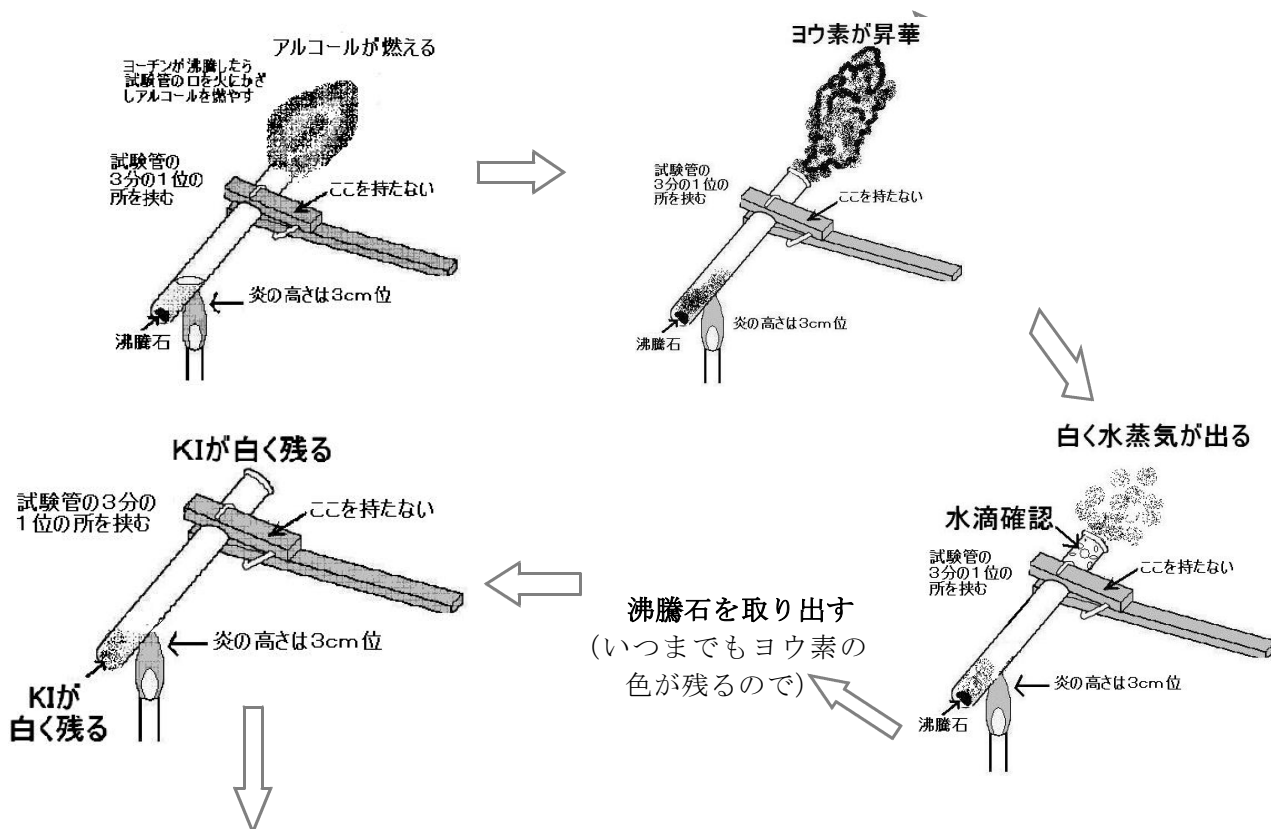


※ 実験プリントの点火の手順・消火の手順を生徒全員に行わせること！



- ・点火時に（ポンと）炎が円筒の中に吸い込まれて消えた場合には，空気の供給量が多すぎる。そのまますぐ火をつけず，ねじを一度閉めてからつけなおすこと!!
- ・赤橙色の炎が大き過ぎるとすすが出るので適度に空気を供給すること!!

3 ヨーチンの分離の注意点



加熱した試験管は、試験管立てのコーティングを傷めるので試験管立てに入れず机の上に寝かせておく!!



ワンポイントアドバイス

- (1) 突沸しやすいので試験管の大きさは、16mm 口径以上を使用する。
- (2) 突沸を防ぐため沸騰石を試験管に入れる。
加熱の途中で沸騰石を試験管に入れてはいけない。途中で入れると逆に突沸を誘発する。
- (3) 試験管ばさみで試験管の上から3～4分の1くらいの所を挟む。尚、図のようにこのような試験管ばさみの場合、長い柄を下にして緩やかに揺すりながら加熱する。短いばさみ(図のここを持たない)を持っていると力加わり試験管を落とす危険性がある。
- (4) ガスバーナーの炎は弱火にする。髪の毛を結わえ、引火しないように気をつけさせる。
ヨーチンの成分のアルコールを燃やすとき、特に気をつける。
- (5) ヨウ素が昇華するので換気を良くし吸い込まないようにする。
- (6) 加熱した試験管は、熱くても色が見えないので、火傷に注意する。

4 実験書の結論

ヨーチンは4つの物質からできている。

- ① エタノール ② ヨウ素 ③ 水 ④ ヨウ化カリウム

5 危機対応

(1) 火傷

火傷した場合その部分を多量の水水道水、冷水、氷水で痛みを感じなくなるまで十分冷やす。
火傷の状態により医療機関に連絡し指示を受ける。

(2) 紫色の煙（ヨウ素）

昇華するので換気を良くし、吸い込まないようにする。

吸い込んで具合が悪くなったときには、新鮮な空気の所に移す。

実験・実習中に事故が発生し人身に被害が生じた場合、まず被災者を救出し、さらに応急処置を施して医師の診療を受けさせる。また、災害の拡大を防止するよう処置をとる。

Ⅲ 実施後の留意事項

(1) 試験管の洗浄

試験管は冷めたことを確認してから試験管ブラシできれいに洗う。

※加熱して熱い状態で水につけると割れるので注意する。

(2) ガスの元栓について

生徒用実験台にあるすべてのガスの元栓が閉まっていることを確認した後、実験室全体のガスの元栓を閉める。

なお実験を始める際、実験室全体のガスの元栓を開ける場合には、あらかじめ生徒用実験台にあるすべてのガスの元栓が閉まっていることを確認すること。

※何回確認しても、確認しすぎることはない！！

Ⅳ その他

1 確認テストの解答

1 種類の物質でできているものを（純物質）といい、複数の（純物質）が混ざっているものを（混合物）という。

2 練習の解答…次にあげる物質を混合物（○）純物質（△）に分けなさい。

空気（○）・マヨネーズ（○）・海水（○）・氷（△）・プロパン（△）・ダイヤモンド（△）

灯油（○）・サラダ油（○）・アルミニウム（△）・金（△）・酸素（△）・鉄鉱石（○）

アンモニア（△）・牛乳（○）

3 おまけのQ & A

Q 沸騰石の働きは？

A 沸騰石は表面に微小な孔があり、そこに空気の微小な泡が付いている。沸点ではその泡の中に水が蒸発し、大きくなって離れ外へ出て行く。しかし、沸騰石には微小な泡は残るため、同様の現象が繰り返される。なお、微小な穴の空気は、沸騰中に次第に沸騰石から出て行ってしまうので、沸騰石に付着している泡は、沸騰中に空気から水蒸気に換わり、結果的に一度使った沸騰石は、強熱して水を追い出さないかぎり再利用できない。

Q 加熱の途中で沸騰石を入れるのは？

A 沸騰石を投入すると突沸を誘発するので、加熱の途中で沸騰石を投入するようなことは絶対に行ってはならない（料理の際よく見られる現象と同様）。

Q ガスバーナーの管理は？

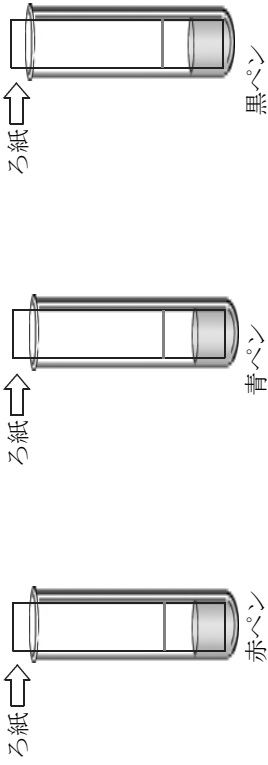
A 実験の前に中にごみ等がないか分解して確認しておく。また、ねじにはグリースを塗っておく。ゴムホースは熱や直射日光に弱いので、使用前にひび割れなどがないか必ず確認する。ゴムホースは適宜新しいものと交換する方がよい。

○クロマトグラフィー（ペーパークロマトグラフィー）

水性ペンのインクにはどんな色が含まれているだろうか？

【実験 1】

- ① ろ紙の下から 3 cm くらいのところを、3 種類の水性ペン（赤・青・黒）で、両面に線を描く。
- ② 展開液の水を、試験管に 1 cm くらい入れる。
- ③ 水性ペンで線を描いたろ紙を、②の試験管に静かに入れる。



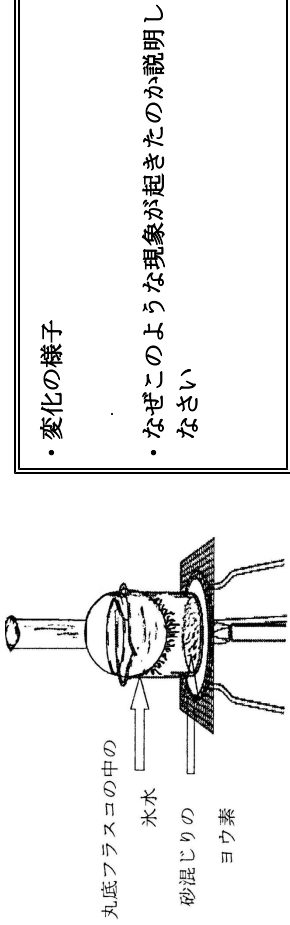
- ④ ろ紙に色を塗ってみよう。

クロマトグラフィーは物質の移動のしやすさの違いを利用している。

○昇華「教師実験」

【実験 2】

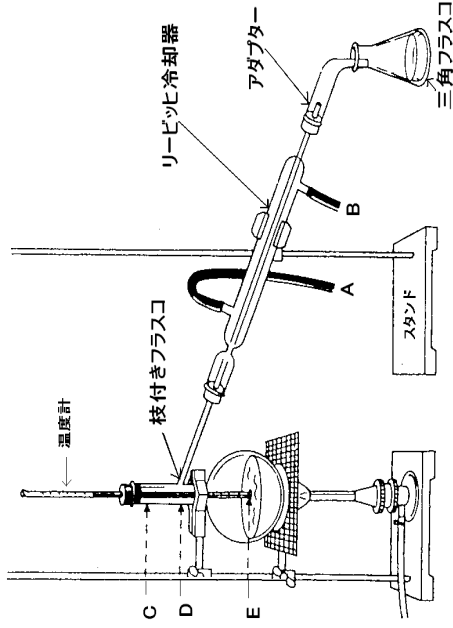
- ① 不純物（砂）の混ざったヨウ素をビーカーにいれる。
- ② 氷水を入れた丸底フラスコをビーカーの上に乗せてから、加熱する。
- ③ しばらくして、丸底フラスコの底の変化を観察する。



固体が液体にならずに、直接気体になる現象を昇華という。
逆に気体から直接固体に変化する現象も昇華という。

○蒸留「教師実験」

【実験 3】



上の図のような装置を組み、ブドウジュース 100 mL の蒸留をおこなった。
これについて、つぎの問いに答えなさい。

- 問 1 ブドウジュースの他に、枝付きフラスコに入れておくものは何か。また、その理由も答えなさい。
- 問 2 温度計の球部の位置は C・D・E のどれがもっとも適当か記号で答え、その理由も答えなさい。
- 問 3 冷却水を通すとき、A・B のどちらの方向から流し込むのが適当か記号で答え、その理由も答えなさい。
- 問 4 使用する枝付きフラスコの容積は次の (a) (b) (c) のうちどれがもっとも適当か記号で答え、その理由も答えなさい。
- 問 5 三角フラスコに集められたものは何か。

- (a) 100mL (b) 200mL (c) 300mL

物質の分離

I 準備における留意事項

1 使用器具

ガスバーナー、試験管、ロート、ろ紙、マッチ、ガスバーナー、ビーカー、三脚、金網丸底フラスコ、温度計、リービッヒ冷却器、枝付きフラスコ、アダプター、三角フラスコ、クランプ付きスタンド、沸騰石

2 使用する試薬等

ヨウ素 (I ₂) 【劇物】	
性質	・特有な臭気のある，黒紫色の金属光沢をもつ片状又は破砕状の結晶。 ・腐食性がある，昇華性物質。 ・不燃性だが，他の物質の燃焼を助長する。
保管	・可燃性及び還元性物質から離しておく。 ・密封し，換気の良い冷所に保管する。
毒性	・眼，気道，皮膚を重度に刺激する。 ・強力な酸化剤で，可燃性物質や還元性物質と反応する。 ・気化すると，空気が汚染されてやや急速に有害濃度に達する。
廃棄	・廃棄物処理業者に委託する。
注意	・保護手袋，保護めがねを使用する。

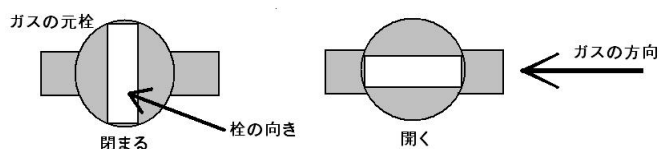
II 実施上の留意事項

1 実験室使用にあたっての注意点

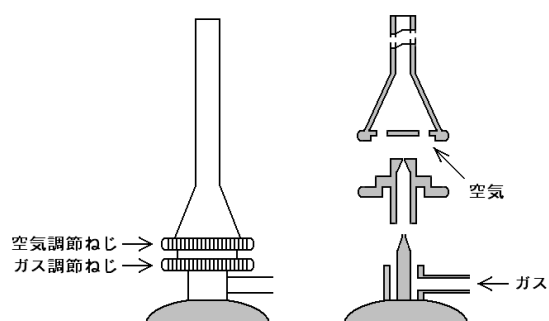
- (1) 実験室では落ち着いて行動する。ふざけた行動をしないこと。
- (2) 実験の時には，椅子を机の下に入れ立って行う。

上記実施上の注意点は，実験の前に必ず生徒に伝える！

2 ガスバーナーの使い方



※実験書……ガスバーナーの使い方参照



- ・点火時に（ポンと）炎が円筒の中に吸い込まれて消えた場合には，空気の供給量が多すぎる。そのまますぐ火をつけず，ねじを一度閉めてからつけなおすこと!!
- ・赤橙色の炎が大き過ぎるとすすが出るので適度に空気を供給すること!!

3 ペーパークロマトグラフィーでの分離の注意点

ろ紙



★ペーパークロマトグラフィーとは…

混合物を溶媒（展開液）によってろ紙上に広がらせて分離する方法。成分の移動する速さの違いを利用する方法。

水性ペンで書いた線に水がつかないように気をつける。

水を多く入れすぎないこと。



ワンポイントアドバイス

ペーパークロマトグラフィーの時は、丸くスポットするが今回は簡易的に直線を引きせる。※1つの色は、いろいろな色からできていることがわかればよいので…

4 昇華「教師実験」の注意点

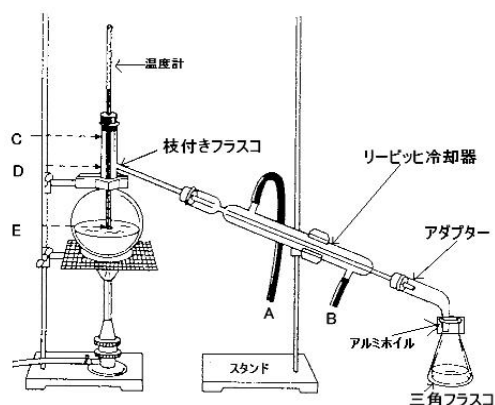
★昇華・・・固体→気体→固体の状態変化（昇華）をする物質の性質を利用。

- (1) ヨウ素が昇華するので換気を良くし、吸い込まないようにする。
- (2) 丸底フラスコの表面にヨウ素が再結晶して付くまでの時間は、およそ15分位（炎中火・ヨウ素薬サジ1杯）かかるので早めにガスバーナーを点火した後、教師は説明をする。
- (3) 昇華実験終了後、ヨウ素は薬サジなどで掻き落とし再利用をする。
尚、使用したものなので薬品瓶には戻さず、栓のできる別瓶に回収する。

5 蒸留「教師実験」の注意点

★蒸留・・・混合物中の沸点の差を利用した分離の方法。

- (1) 使用する器具は全てガラスなので、つなぎ合わせるときつなぎ合わせる物同士の近くを持ち組み立てる。
- (2) 温度計は、枝付きフラスコの枝の付け根の温度が測れるようにセットする。(D)
※ 蒸留物質の沸点を正確に測定するため。
- (3) フラスコの中の水（ブドウジュース）は3分の1位入れる。
※ 沸騰の時、フラスコの液が枝の方に入り込むおそれがあるため。
入れるとき枝に液が入らないようにロートを使い気をつけて入れる。
- (4) 突沸を防ぐため、沸騰石を入れる。
- (5) 冷却水を通すとき下から (B) 水を通す。
※ リービッヒ冷却器を冷却水で満たすため。
- (6) アダプターの先端は、三角フラスコの壁に付くようにセットする。また、三角フラスコの口にゴミなど入らないよう **アルミホイル** をすると良い。なお、加熱すると体積が膨張するため、密栓はしない。
- (7) 沸騰して三角フラスコに水がたまるまでに時間がかかるので、ガスバーナーを点火した後教師は説明をする。



ワンポイントアドバイス

- 1 枝付きフラスコに溶液を入れる際、足がフラスコの枝の部分より長い漏斗を使う。ゴム管を漏斗の先につけて、枝の部分に原液が入らないようにしてもよい。
- 2 液体の加熱の際、低沸点で可燃性の液体（エタノール、エーテルなど）には水浴を用いる。なお、加熱する液体の沸点により、油浴や砂浴がある。

6 危機対応

(1) 火傷

火傷した場合その部分を多量の水道水、冷水、氷水で痛みを感じなくなるまで十分冷やす。
火傷の状態により医療機関に連絡し指示を受ける。

(2) ヨウ素

昇華するので換気を良くし、吸い込まないようにする。
吸い込んで具合が悪くなったときには、新鮮な空気の所に移す。

※実験・実習中に事故が発生し人身に被害が生じた場合、まず被災者を救出し、さらに応急処置を施して医師の診療を受けさせる。また、災害の拡大を防止する処置をとる。

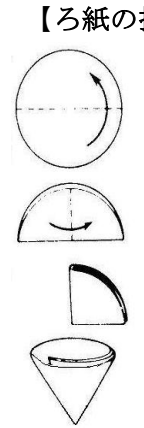
III 実施後の留意事項

再結晶したヨウ素は掻き落としガラス瓶に入れ再利用をする。元の薬品瓶には戻さない。
不要になったヨウ素は、廃棄物処理業者に委託処理をお願いする。

IV その他

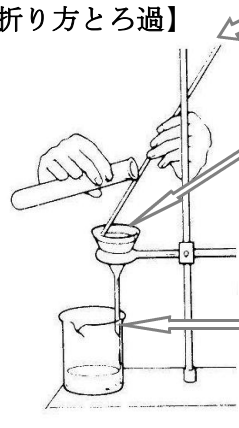
1 種々の分離方法

【ろ紙の折り方とろ過】



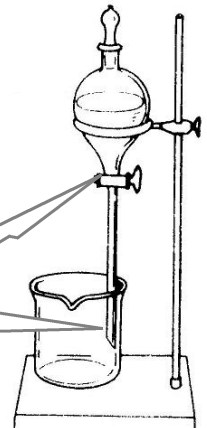
ろ紙の大きさはロートの
上が少し余る物を使用する。

溶液を注ぐときはガラス棒に
伝わらせて注ぐ。



ロートの先はビーカーの
内壁に密着させる。

【抽出】



分液ロート
コックを開けて下層の
溶液を取り出す。

分液ロートの使い方

(a)
発生したガスを抜く



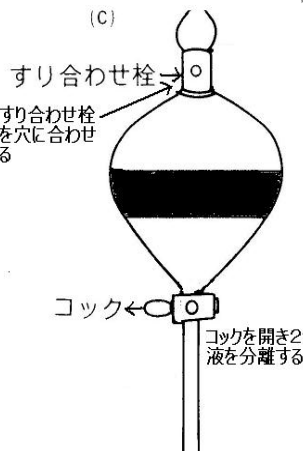
逆さにして
コックを
開ける

(b)
振り混ぜる



内外の圧力を一定にする

(c)



すり合わせ栓
すり合わせ栓
を穴に合わせ
る

コック←
コックを開き2つの
液を分離する。

お役立

コック・すり合わせ栓には
ワセリンまたは(グリース)
を塗る。

商品名
◎シリコングリースコンパウンド
H・V・G
東レ・ダウコーニング(株)
50g入り 2,120円

★ろ過・・・粒子の大きさの差を利用して固体物質と溶液を分離する方法。

★抽出・・・混合物中にある成分を、他の溶媒に溶かして分離する方法。

-8-

2 実験書の問題解答

問1 ブドウジュースの他に、枝付きフラスコに入れておくものは何か。また、その理由も答えなさい。

沸騰石・・・突沸を防ぐため

沸騰石・・・素焼きの小片や毛细管などが使われる。

素焼きには中に小さな空間が多数有り、これが水中で加熱されると、中の泡に水蒸気が入り大きな泡をつくり突沸を防ぐ。常に新しい物を使用する。

問2 温度計の球部の位置は C・D・E のどれがもっとも適当か記号で答え、その理由も答えなさい。

D・・・蒸留物質の沸点を正確に測定するため。

枝付きフラスコの枝の付け根付近になるように差し込む。冷却器の方に行く気体の正確な温度を測ることができる。

問3 冷却水を通すとき、A・B のどちらの方向から流し込むのが適当か記号で答えその理由も答えなさい。

B・・・冷却水は、全体にいきわたるように冷却器の下方の口から入れ、上方の口から流し出す。

問4 使用する枝付きフラスコの容積は次の (a) (b) (c) のうちどれがもっとも適当か記号で答えその理由も答えなさい。

(a) 100mL (b) 200mL (c) 300mL

C (300mL)・・・(ブドウジュース 100mL なので)フラスコの容積のおよそ3分の1位がよい。多く入れすぎると沸騰の時、液が枝の方に入り込むおそれがある。

問5 三角フラスコに集められたものは何か。

水・・・ブドウジュースの中に含まれる水分が水蒸気となり、冷却管で冷やされ三角フラスコに集まる。

3 おまけのQ & A

Q 蒸留と分留の違いは？

A 混合溶液を加熱して、含まれる各成分の沸点の違いにより、各成分に分離すること、即ち加熱により生じた気体成分を冷却して、溶液中の不揮発成分と分離することを蒸留という。分留は蒸留の一種で、2種類以上の揮発性成分を含む液体混合物から、沸点の違いを利用して各成分に分離することをいう。分離する蒸留のことで、2つ以上の液体混合物から各成分を分離する、蒸留の特別な場合を分留と呼ぶ。

Q クロマトグラフィーとは？

A 固定相と呼ばれる物質の表面や内部を、移動相と呼ばれる物質に溶けた試料が流れる際、試料に含まれる各成分の移動速度の大小により、各成分を分離・精製することをクロマトグラフィーという（移動層が気体のものをガスクロマトグラフィー、液体のものを液体クロマトグラフィーと呼ぶ）。移動速度の差違は、各成分の固定相への吸着や固定相と移動相への溶解の差などが原因となって起こる。なお、本実験は固定相にろ紙を（移動相に水を使用するので、ペーパークロマトグラフィーと呼ばれる。

Q 沸騰石の働きは？

A 沸騰石は表面に微小な孔があり、そこに空気の微小な泡が付いている。沸点ではその泡の中に水が蒸発し、大きくなって離れ外へ出て行く。しかし、沸騰石には微小な泡は残るため、同様の現象が繰り返される。なお、微小な穴の空気は、沸騰中に次第に沸騰石から出て行ってしまいうので、沸騰石に付着している泡は、沸騰中に空気から水蒸気に換わり、結果的に一度使った沸騰石は、強熱して水を追い出さないかぎり再利用できない。

Q 枝付きフラスコの内容物の量は？

A 多すぎると原液が枝の方に流れる恐れがあり、少なすぎると空だきの危険性がある。

Q リービッヒ冷却器で冷却水を下から上に流すのは？

A 逆に流すのは、冷却効率が悪い。

硫黄の同素体

年 組 番 氏 名

【目 的】硫黄の同素体である斜方硫黄・単斜硫黄・ゴム状硫黄をそれぞれつくり、観察し結晶や無定形固体について学習する。

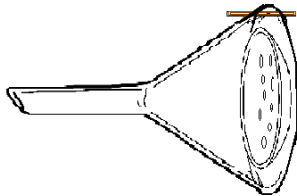
【準 備】器 具：試験管、試験管ばさみ、時計皿、ロート、ろ紙、ルーペ、ピンセット
マツチ、ガスバーナー、割り箸
薬 品：硫黄(粉末)S、二硫化炭素CS₂

注意：二硫化炭素は揮発しやすく、引火性があり、有毒なので吸い込まない。また充分換気すること。

【実 験】

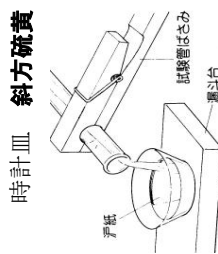
(A) 斜方硫黄

- ①二硫化炭素(約 2mL)の入った試験管の中に硫黄(0.3g ~ 0.6g)を加えてよく振り溶かす。
※必ずゴム栓をして風通しのよいところで行う。
- ②これを風通しのよいところ(ドラフトチャンバーの中)で時計皿に移し、大きめなロートをかぶせ二硫化炭素を蒸発させる。
この時ロートの下に割り箸などを挟む。
- ③二硫化炭素が完全に蒸発したときに析出するものが、斜方硫黄である。



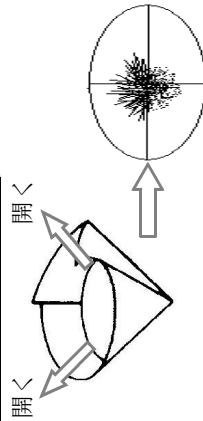
(B) 単斜硫黄

- ①ろ紙を4つ折りにし、ロートにセットしておく。
ろ過をするのではないので、ろ紙を水でぬらさないこと。
- ②空の試験管に硫黄を入れ、極弱火でゆっくり加熱して溶かす。
全て溶けて黄色の融液になったらところで、右図のようにロートのろ紙の上に一気に注ぎ込む。



余熱でも溶けるので加熱しすぎないこと。
加熱しすぎると赤褐色になったり、粘性が出てくるので注意。

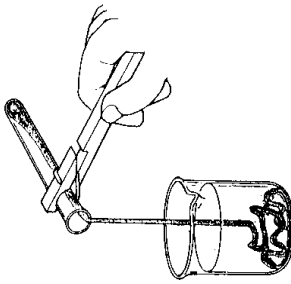
- ③溶けた硫黄をろ紙に流し込んだらロートをはずし、ろ紙の中の硫黄が冷えて固まりかけたところ、ろ紙を開く。
(表面にうすく膜が張ったようになったら)
- ④針状になったものが単斜硫黄である。



単斜硫黄

(C) ゴム状硫黄

- ①B で使用した試験管に硫黄を入れ中火で加熱する。
- ②加熱を続けていくと、溶けてさらさらした状態から流動性のない状態に変わる。さらさらに加熱を続けると再び流動性を示すようになり、やがて沸騰する。
- ③沸騰したら試験管の内容物をビーカーの水中に静かに流し込む(右図)。
- ④冷えたらピンセットで水中から取り出し、紙(薬包紙)の上に置き、引っ張ってみる。



ゴム状硫黄

【結 果】硫黄のそれぞれの同素体について、観察した様子をスケッチしなさい。

(A) 斜方硫黄	(B) 単斜硫黄	(C) ゴム状硫黄

※単斜硫黄・ゴム状硫黄は長時間放置すると斜方硫黄に変わる。

【考 察】

観察した3種の同素体のうち、結晶を形成しているものはどれか。
また、無定形固体はどれか。

結晶： 無定形固体：

感想・疑問に思ったこと・反省点があったら書きなさい。

硫黄の同素体

I 準備における留意事項

1 使用器具

試験管，試験管ばさみ，時計皿，ロート，ろ紙，ルーペ，ピンセット，マッチ，ガスバーナー
割り箸

2 使用する試薬等

硫黄（粉末）【危：第二類・可燃性固体】	
性質	・淡黄色微細な無定形または結晶性（斜方晶系黄色結晶）の粉末。 ・無味・無臭，水に不溶。
保管	・塩素酸塩，過塩素酸などの強酸化剤から離す。 ・密封，火気厳禁。
毒性 危険性	・硫黄自体は毒性は少ないが，過敏症の人は粉末が皮膚につくと炎症を起こす。 ・酸化剤と混合したものは加熱，衝撃，摩擦で着火する。 ・空気中で粒子が細かく拡散して爆発性の混合気体を生じる。
廃棄	・環境への負荷を軽減するため回収して再利用する。
注意	・燃焼により有害な亜硫酸ガスを発生するので火気厳禁。 ・酸化剤と混合したものは加熱，衝撃，摩擦で着火。 ・保護手袋，保護めがねを使用する。

二硫化炭素（CS ₂ ）【劇物】【危：第四類・引火性液体】	
性質	・無色，透明，揮発性液体。 ・悪臭（純品はクロロホルム様臭気。）
保管	・保管場所は通風を良くし，蒸気が滞留しないようにする。 ・密閉式の破損しない容器に保存する。 ・揮発性が大きく引火しやすい。
毒性	・液体と濃厚蒸気は目，鼻，皮膚及び粘膜に重度の刺激性を有す。
廃棄	・廃棄物処理業者に委託する。
注意	・空気中で非常に燃え易く，蒸気と空気が混合すると爆発性がある。 ・揮発性大きく引火し易い。 ・爆発範囲：1.3 ～ 50(℃)，引火点：-30(℃)，発火点：100(℃) ・蒸気は空気より重く，地面や床に沿って移動し遠距離引火の可能性。 ・流動，攪拌などにより，静電気が発生することがある。 ・加熱分解し，SO_xの高毒性ガスを発生。 ・保護手袋，保護めがねを使用する。

3 試薬の扱い

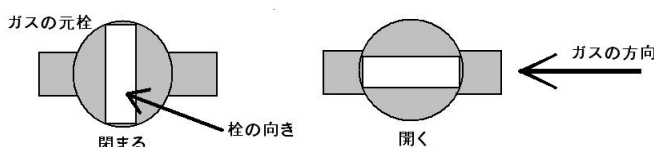
二硫化炭素はドラフトの中に準備しておき，扱いもドラフトの中で行う。

4 ドラフトチャンバーについて

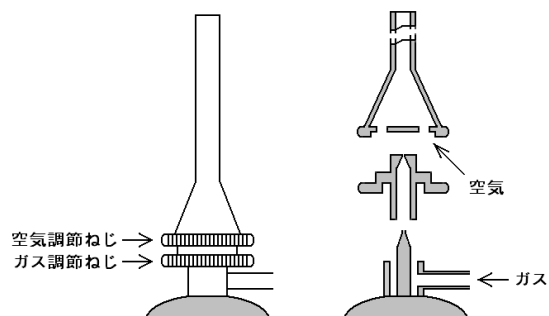
健康に害を及ぼす恐れのある薬品や有機溶剤等の蒸気が、室内の空気中に分散しない様にスムーズに排出するための局所排気装置のことをドラフトチャンバーという（右図のような実験室の隅にあるもの）。排気スイッチを入れた状態で、前面のガラス窓を少し開け、下から手を入れて作業をする。一般的には外側（前面ガラス窓の左右か下）にスイッチのパネルがあり、照明や排ガス、水道、ガスなどの操作が出来る仕組みになっているが、必ず使用前にマニュアルで確認すること。



5 ガスバーナーの使い方



※実験書……ガスバーナーの使い方参照

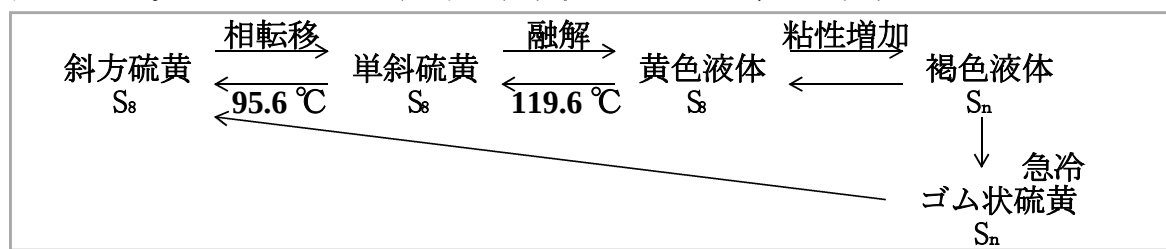
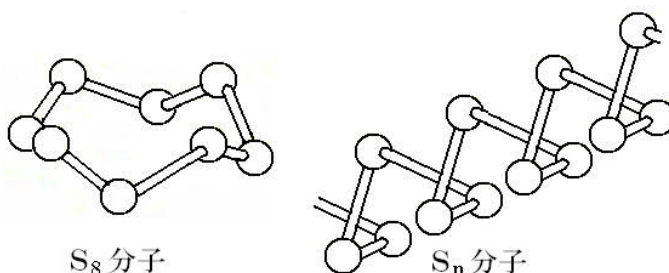


- ・点火時に（ポンと）炎が円筒の中に吸い込まれて消えた場合には、空気の供給量が多すぎる。そのまますぐ火をつけず、ねじを一度閉めてからつけなおすこと!!
- ・赤橙色の炎が大き過ぎるとすすが出るので適度に空気を供給すること!!

II 実施上の留意事項

1 参考事項

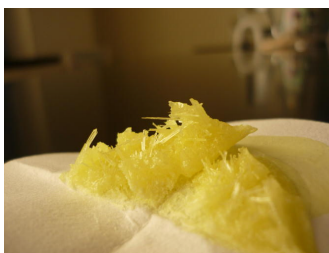
斜方硫黄も単斜硫黄も8個のSが環状になった S_8 分子（右図参照）を単位構造とする結晶だが、 95.6°C 以下では斜方硫黄（ S_8 分子が斜方という形に配列した結晶）が安定で、それ以上の温度では単斜硫黄（ S_8 分子が単斜という形に配列した結晶）が安定である。斜方硫黄をゆっくり加熱して行くと、 95.6°C で斜方硫黄から単斜硫黄に結晶が変わる。これを相転移という。これを更に加熱してゆくと 119.6°C で固体から液体に融解する。このときの硫黄は S_8 分子のままで流動性を持っている。さらに加熱を続けると、 160°C くらいで急に粘度が上昇し、 250°C を越える付近で液体の色が褐色になる。このとき S_8 は環が切れ直鎖状につながるが、この直鎖になったSはいくつつなが



っているか一定ではないので S_n で表す。これは例えば図のようならせん構造をとる。この反応は S_8 が開裂し、生成したラジカルが八員環を逐次攻撃することで進む。このとき、重合が進むにつれて黒く粘る（このまま更に加熱を続けると、直鎖状の分子が切れて再び流動性を取り戻し沸点にいたる）。褐色液体（直鎖状の S_n の状態）のまま、水中に注ぎ入れ急冷すると、準安定なゴム状物質ができる。ただし、この物質は室温ではゆっくりと安定な斜方硫黄に戻る。



斜方硫黄



単斜硫黄

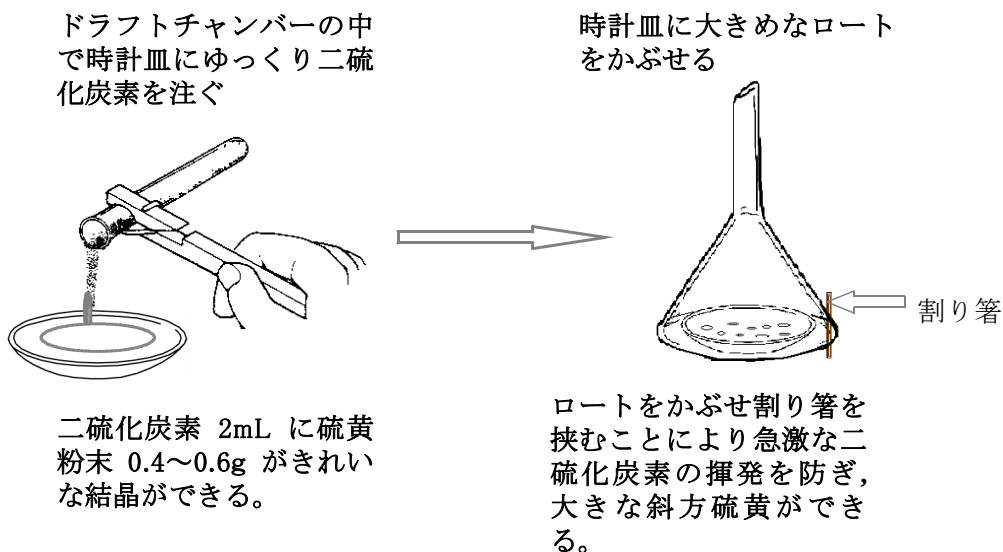


ゴム状硫黄

2 実験の概要

(1) 斜方硫黄

二硫化炭素への硫黄粉末の溶解の際は、必ずドラフトの中で扱う。

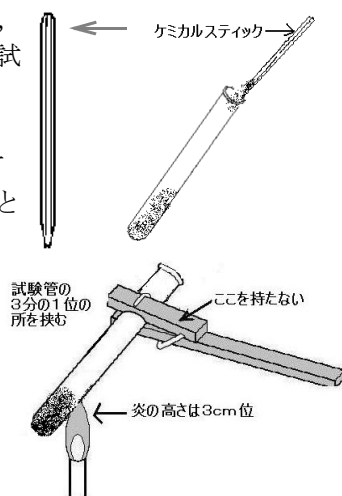


ワンポイントアドバイス

- ★ 二硫化炭素 1 mL にすると時間の短縮になる。
- ★ 二硫化炭素は、沸点が 46℃ と低いので使う直前に試験管に入れる。二硫化炭素を入れた試験管には、軽くゴム栓をしておき生徒に渡す。
- ★ 二硫化炭素に硫黄を入れた試験管は回収する。

(2) 単斜硫黄

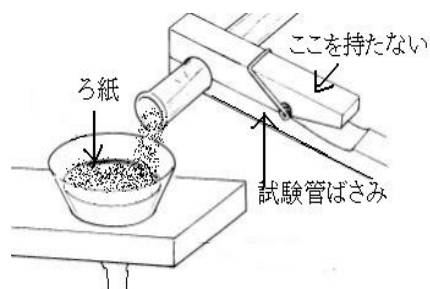
- a 硫黄の粉末を入れるときは、薬さじから入れるとこぼしやすいので、右図のように、ケミカルスティックを使用すると薬品をこぼさず試験管に入れることができる。
- b 試験管に入れる**硫黄の量は3分の1程度**とする。
- c 加熱して硫黄を融解するときは、ガスバーナーの炎を弱火にして上の方の粉末を融かしてから全体を加熱する。部分的に加熱するとその部分の温度が上がり色が褐色に変化してしまう。
- d 試験管で液体を加熱する際は……
試験管の上から3~4分の1くらいの所を
試験管ばさみではさみ、試験管を少し傾け、
試験管の底部を軽く左右に振りながら加熱する。
開口部に人がいないことを確認する。
- e ロートにろ紙をセットし、融解した硫黄を注ぐ。このときのろ紙の役目は融解した硫黄を入れるための容器として使うのでロートに4つ折りにしたろ紙をセットするするだけでよい。
水を使ってロートとろ紙を密着させてはいけない。



f とかした硫黄をロートのろ紙に入れるところでは、漏斗を必ずロート台に置き、**ロートを手で持たないようにする。**



熱い液体を手にかけてしまう危険性がある。
注意しないと生徒は危険に気づかないことが多い。



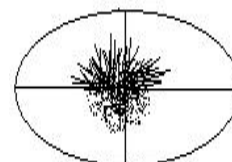
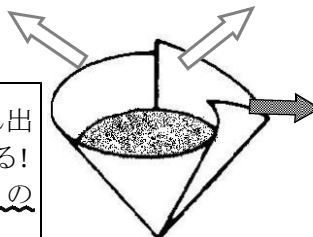
g ろ紙の表面をよく観察し、融けた硫黄の表面に薄い膜が張った状態（表面が固まりきりそう）になったら、漏斗からろ紙ごと取り出し、ろ紙を両手でゆっくり開く。



※ろ紙の中の硫黄がまだ融けていると流れ出してやけどをすることになるので注意する！
※ゆっくりすぎると硫黄が固まってしまうので注意が必要である。

表面が固まりきりそうになったら両手で開く

単斜硫黄のできあがり



(3) ゴム状硫黄

※単斜硫黄で使用した試験管を使う。
試験管に3分の1くらいまでケミカルスティックを使って硫黄を入れ、ガスバーナーで弱火で加熱する。

※硫黄の変化

黄色に溶ける



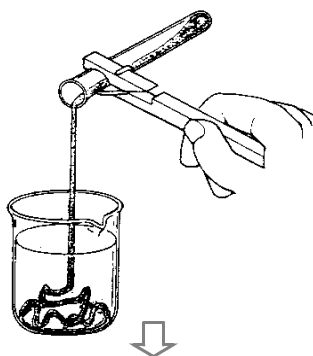
赤くなり流動性が無くなる



黒くなり再び沸騰する



水の入ったビーカーに硫黄を注ぐ

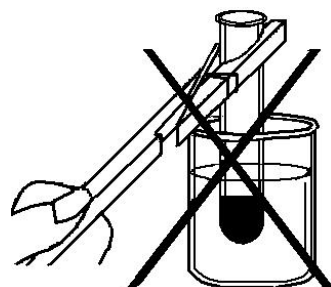


急激に注がず
ゆっくり注ぐ。



危ない例

必ず教師が説明すること
時々ある怖い例



※加熱した試験管を直接ビーカーの水の中に入れてはいけません。試験管が割れ硫黄に火が付き、飛び散る

ワンポイントアドバイス



ゴム状硫黄を作る際、加熱した硫黄を普通の水に流し込んでも、硫黄が疎水性であり、表面張力により水の上に浮いたまま固まってしまう。そこで水に中性洗剤（界面活性剤：表面張力を下げる）を少し入れ混ぜておくと、硫黄が沈みきれいなゴム状硫黄になる。

お役立ち

※純度の高い結晶硫黄を使うと黄色のゴム状硫黄ができる。

結晶硫黄	500g	4,260 円
結晶硫黄	100g	2,130 円
粉末硫黄	500g	1,260 円

3 危機対応

(1) 火傷

火傷した場合その部分を多量の水道水、冷水、氷水で痛みを感じなくなるまで十分冷やし、医療機関に連絡し指示を受ける。

(2) 二硫化炭素

吸入等によるめまい、嗜眠（しみん）、頭痛、吐き気などの症状に対しては、傷病者を新鮮な空気の所に移し、安静に待機させ、窮屈な衣服部分を緩める。接触による発赤、痛み等の場合は、汚染された衣服を脱がせ、接触部位を水洗浄する。眼に入った場合は、10～15分間水で洗浄する。いずれの場合も、医療機関に連絡し指示を受ける。

※実験・実習中に事故が発生し人身に被害が生じた場合、まず被災者を救出し、さらに応急処置を施して医師の診療を受けさせる。また、災害の拡大を防止するよう処置をとる。

III 実施後の留意事項

1 試験管の回収

試験管についた硫黄は取りにくいのでそのまま回収する。

※硫黄のついた試験管は、水に2～3日つけておいてからブラシで擦ると表面の汚れが取れる。取りにくいときは、2週間位水につけた後もう一度ブラシなどで擦るとほとんど汚れがとれる。

2 回収後の硫黄の利用

(1) 斜方硫黄は回収した後、再び使用する。

(2) ゴム状硫黄は再使用できないので処理を業者に委託する。

IV その他

1 実験書の考察の解答

結晶を形成しているもの・・・斜方硫黄・単斜硫黄
無定型固体・・・・・・・・・・ゴム状硫黄

2 おまけのQ & A

Q 斜方硫黄の結晶を大きくするには？

A 時計皿を密封しないよう時計皿よりも大きめのロートをかぶせ、ロートの下に割り箸などを挟み二硫化炭素をゆっくり蒸発させる（ドラフト内に置く）。また、二硫化炭素が蒸発し終わる寸前で、硫黄の結晶を薬包紙に取り出すと、きれいな結晶として残すことができる。二硫化炭素が完全に蒸発してしまうと、時計皿に膜ができ、時計皿に付いてしまいきれいな斜方硫黄にならない。

Q ゴム状硫黄の色は？

A 実験では褐色になるが、これは鉄分など不純物を含む場合で、不純物が微量の場合は黄色になる（このことは高校生が発見して、ニュースにもなった）。純度98～99%の硫黄粉末や硫黄華で作ったゴム状硫黄は褐色や黒色だが、99.5%の結晶硫黄だと黄色になるといわれている。

Q 単斜硫黄を作るために、ろ紙を広げると針状結晶が出来るのはなぜか？

A 結晶の外観には、繊維状、針状、柱状、板状などがあり、どうなるかは晶系と各面の成長速度の違いで決まる。単斜晶の硫黄のこのような生成では、針状をとり成長しやすいといえる。

Q 硫黄を水ではなく二硫化炭素に溶かすのはなぜか？

A 水は極性のある溶媒なので、極性を持った溶質やイオンは溶けるが、極性のない溶質はほとんど溶けない。これに対して、二硫化炭素は無極性の溶媒なので、水とは逆に極性を持った溶質やイオンはほとんど溶けないが、極性のない溶質は溶ける。硫黄分子は原子が8個リング状に共有結合した分子で、極性が無く水には溶けないので、無極性溶媒である二硫化炭素に溶かして再結晶させる。

Q 二硫化炭素を扱う上での注意は？

A 二硫化炭素は蒸発しやすく、蒸気は空気と混合して爆発性混合ガスとなる。この混合ガスはきわめて引火しやすく（引火点-30℃）、点火すれば青色の炎をあげて二酸化炭素と二酸化硫黄を生じる。皮膚に接触した場合も、吸入した場合と同様の症状を起こすので、直ちに付着部分を多量の水（あるいは石けん水）で十分に洗い流す。また、眼に入った場合には粘膜を刺激して炎症を起こすので、直ちに多量の水で15分以上洗い流す。いずれの場合も医師の診察を受ける。

水素100mLをつくらう

年 組 番 氏 名

【 目 的 】

- (1) 化学反応式を書き、実際に反応を起こして変化を確認する。
- (2) メスシリンダーの使い方、気体の捕集（水上置換）などの実験の基本操作をマスターする。

【 準 備 】

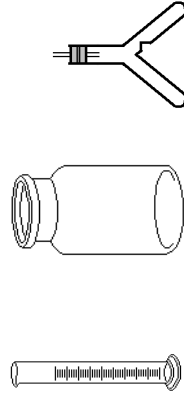
薬品：マグネシウムリボン、希硫酸（3 mol/L）

器具：集気ビン、ガラス板、メスシリンダー、

二又試験管、試験管ハサミ、ゴム栓、

ゴム管、ピペット、水槽、輪ゴム、

スケール、ハサミ、マッチ



メスシリンダー

臭気ビン

二股試験管

【 操 作 】

- (1) 化学反応式を完成させる。

① マグネシウム Mg に希硫酸 H_2SO_4 を反応させると、硫酸マグネシウム MgSO_4 と水素 H_2 が生成する。この反応は、以下の化学反応式で表される。



- (2) 水素の捕集

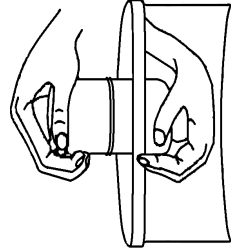
① マグネシウムリボンを正確に 10.8 cm 測って切る。マグネシウムリボンは、1 cm が 0.01 g になっている。およそマグネシウムリボン 10.8 cm = 0.108 g で、水素が 100 mL 発生する。

② 発生する気体は、温度・圧力や捕集方法によってその体積が変化する。本実験は正確な体積を測定することが目的ではないため、およそその値である。

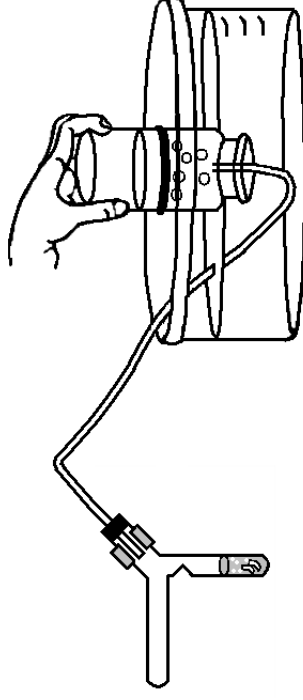
③ 切り取ったマグネシウムリボンを小さく丸め、気体発生用の二又試験管のへこみのある側に入れる。

④ 集気ビンに、メスシリンダーを使って水道水 100 mL を入れ、その位置に輪ゴムで印をつける。輪ゴムの位置をずらさないようにする。

⑤ 集気ビンに水を満たし、ビンの中に気泡が残らないように注意しながら、水を入れた水槽の中に逆さに立てる。



- ⑥ 希硫酸を 3 mL ピペットで取り、二又試験管のマグネシウムリボンの入っていない方に入れる。
- ⑦ 二又試験管に栓をし、ゴム栓の先端を集気ビンの中にセットする。ゴム管の先端をあまり下げないようにしておく。



- ⑧ 希硫酸を少しずつマグネシウムリボンの入っている方に注ぎ、反応させる。反応させてしばらくの間は、空気が出てくるので捕集しないようにする。
- ⑨ マグネシウムリボンと希硫酸は激しく反応して、水素が盛んに発生する。マグネシウムリボンが完全に反応してしまいうまで反応を続ける。
- ⑩ 切り取るマグネシウムリボンを 5.4 cm にすると、発生する水素は何 mL になるか。同じ手順で実験してみる。
- ⑪ 試験管に少量の水素を取り分け、マッチで火をつける。

【 考 察 】

- (1) ⑧において、反応後の試験管の温度変化はどうであったか。

 (2) (1)より、マグネシウムと希硫酸の反応は、発熱反応か吸熱反応か。

- (3) この実験では、発生した水素を「水上置換」という方法で捕集した。発生した気体を捕集する方法はこの方法以外にも 2 つあるが、それは何という方法か。また、その方法で捕集できる代表的な気体は何か。

捕集方法：----- 捕集できる気体：-----

捕集方法：----- 捕集できる気体：-----

水素100mLを作ろう

I 準備における留意事項

1 使用器具

二又試験管， 広口ビン， メスシリンダー， ガラス板， 輪ゴム， 水槽， スケール， はさみ，
ゴム栓， ゴム管， ピペット， 試験管ばさみ， マッチ
試験管ばさみ

2 使用する試薬等

マグネシウムリボン， 3mol/L 硫酸

硫酸 (H ₂ SO ₄) 【劇物】	
性質	・ 無臭， 無色， 油状の吸湿性液体。 ・ 濃硫酸：98.0 %程度
保管	・ 水， 可燃性物質， 還元性物質， 塩基， 金属等から離す。 ・ 換気良好な冷暗所で密栓し， 漏洩， 転倒， 衝撃が起きないように保管する。 ・ 保管場所の床には， 木製品を使用してはならない。
毒性 危険性	・ 脱水作用が非常に強く， 人体に触れると水を取り激しい薬傷。 ・ 蒸気を長時間吸入すると呼吸器が侵される。 ・ 目に入ると失明することがある。
廃棄	・ 廃棄物処理業者に委託する。 ・ 水酸化カルシウム， 炭酸ナトリウム等で中和させた後， 多量の水で希釈処理。
注意	・ 保護手袋， 保護衣， 保護めがねを使用する。 ・ 溶解または希釈する時は必ず水の中に硫酸を徐々に加える。

マグネシウムリボン (Mg) 【危険物第2類】	
性質	・ 銀白色の金属。 ・ 点火すると白光を放ち激しく燃焼（炎を直接見てはならない）。 ・ 融点：650 ～ 651(℃)， 沸点：1100 ～ 1107(℃)
保管	・ 水気， 火気を避け， 換気， 通気の良いところに保管する。 ・ 品質が劣化しやすいので十分に容器の気密性に注意する。
毒性 危険性	・ 火気厳禁。 ・ 通常の条件下では安定。 ・ 水， 粉末消火薬剤， 二酸化炭素などの消火薬剤と激しく反応する。
廃棄	・ リサイクル可能である。
注意	・ 裸火禁止， 火花禁止。 ・ 湿気， 酸， ハロゲン等多くの物質との接触禁止。

3 試薬の扱い・調製

(1) 注意



濃硫酸は溶解熱が大きく**濃硫酸に水を加えると非常に危険**である。また、濃硫酸を皮膚や衣服につけないようにすること。もし付着した場合は多量の水で洗う。机の上に落としてしまった場合は……

①ペーパーで拭きとる。②濡れ雑巾で拭く。直接雑巾で拭かないこと。

※濃硫酸には脱水作用があるので皮膚などにつくと極めて危険！

→ 扱いを特別慎重に行わなければならない試薬の一つ！

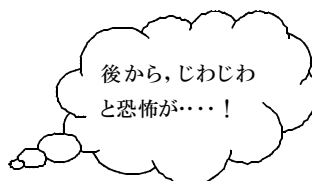


希硫酸も濃硫酸と同じく扱いに気をつける。硫酸は**不揮発性**なので、希硫酸の水は蒸発しても含まれている硫酸はそのまま残る。

※希硫酸であっても皮膚や衣服につくと水が蒸発して濃硫酸になる！



- ★徐々に水分が蒸発
- ★硫酸はどんどん濃くなる
- ★ノートや衣服がボロボロ



(2) 3 mol/L硫酸（希硫酸）の調整

※5体積の水に1体積の濃硫酸を少しずつ加える。

- ・市販の濃硫酸（18mol/L）16.7mLを、保護手袋をして慎重にはかりとる。
 - ・純水50mLの中に、ガラス棒でかき混ぜながら、濃硫酸を徐々に加える。
 - ・よく攪拌して、温度が下がったら、更に水を加えて全体を100mLにする。
- ㊟ 著しく発熱するので、肉厚のガラス容器を使わない。

II 実施上の留意事項

1 マグネシウムリボンについて

- ・皮膚に刺さると有害であり、燃焼させたときにできる白煙（酸化マグネシウム）を吸入すると呼吸器に炎症をおこすことがある。
- ・粉末が空気中に飛散しているときは火花で爆発する。
- ・マグネシウムリボンが硫酸と反応して水素が激しく発生する様子が観察できるが、相当な発熱反応（熱が出る反応）で、素手では触れられないぐらい熱くなる。

2 水素への点火

- ・実験書にあるとおり、必ず少量を捕集したもので行う。
- ・点火時は、必ず水素発生は止めておき、水素発生装置から十分に離れたところで行う。



事故例が多い実験であり、細心の注意を払う必要がある。
以下について注意する。

- ① 発生装置と火気を遮断する
- ② 発生装置等の容積をできるだけ小さくする
- ③ 引火爆発しても飛び散らないよう、プラスチック容器などを利用する。

3 二又試験管の扱い

- ・切り取ったマグネシウムリボン丸め、二又試験管の凹みのある側に入れる（反応を途中で止める際には、固体試料は凹み部分に引っかかり反対側には流れていかないため、液体試料のみを反対側に戻せる）。

4 危機対応

(1) 火傷

- ・火傷した場合その部分を多量の水水道水、冷水、氷水で痛みを感じなくなるまで十分冷やし、医療機関に連絡し指示を受ける。

(2) 硫酸

- ・希釈の時飛散防止に配慮する。
- ・希硫酸も有毒なので皮膚や目に付けないように気をつける。また、皮膚などに付いたときはすぐに多量の水で洗う。

※実験・実習中に事故が発生し人身に被害が生じた場合、まず被災者を救出し、さらに応急処置を施して医師の診療を受けさせる。また、災害の拡大を防止する処置をとる。



ワンポイントアドバイス

- ・硫酸の実験の際には、硫酸をこぼした場合に備えて、炭酸水素ナトリウムや炭酸ナトリウム用意しておき中和させて拭き取ると良い。
- ・炭酸水素ナトリウムや炭酸ナトリウムは水溶液でもよいが、粉末の方が単に振りかけるだけなので、使いやすい。
- ・ぬれぞうきんで拭き取ったときには、ぞうきんを大量の水で洗い流すこと。

Ⅲ 実施後の留意事項

- ・使用した廃液は全てビーカーに回収し、残った硫酸分を中和処理する。

Ⅳ その他

1 水素発生における事故例

- ・フラスコで水素を発生し、ゴム管で誘導する際、ゴム管の先に点火して水素に引火した。
- ・フラスコで水素を発生し、ガラス管で誘導する際、ガラス管の先に点火してフラスコが爆発した。
- ・三角フラスコで水素を発生させ、石けん水に誘導した際生じる気泡に点火したが、ガラス管に直接点火したため引火爆発した。

2 実験書【考察】の解答

- (1) ⑧において、反応後の試験管の温度変化はどうであったか。
「温度が上昇」
- (2) より、マグネシウムと希硫酸の反応は、発熱反応か吸熱反応か。
「発熱反応」
- (3) ⑨の結果(状態)はどうであったか。(Mg リボン 2 cm・希硫酸 3mL)
試験管に火を付けたマッチを近づけると、ポンと音がして爆発する(水素の発生を確認)。
- (4) この実験では、発生した水素を「水上置換」という方法で捕集した。発生した気体を捕集する方法はこの方法以外にも2つあるが、それは何という方法か。また、その方法で捕集できる代表的な気体は何か。
※空気に対する比重と、水への溶解性によって捕集法が決まる。
 - ①水上置換……水に溶けない気体
例 水素、酸素、二酸化炭素、一酸化窒素
※二酸化炭素は水に少し溶けるだけなので、水上置換でよい。
※一酸化窒素は空気中で酸素と反応する。
 - ②上方置換……水に溶ける気体で空気より軽い気体
例 アンモニア
 - ③下方置換……水に溶ける気体で空気より重い気体
例 塩素、二酸化窒素、(二酸化炭素)



ワンポイントアドバイス

- 水上置換……気体を集める容器内を完全に水で満たした状態にする。
- 上方置換……ガラス管の先を容器の上部になるべく近付ける
- 下方置換……ガラス管の先を容器の下部になるべく近付ける

pHの測定 pH試験紙と植物色素（紫キャベツ）を使って

年 組 番 氏 名

【目的】 いろいろな濃度の濃度・塩基溶液のpHをpH試験紙で確認し、また紫キャベツの色素での呈色で知る。

【器具】 ビーカー（①～⑤）・駒込ピペット・三角フラスコ（50mL）・ビーカー（200mL）
ガラス棒・万能pH試験紙・pH試験紙セット・標準変色表・pH計
ピンセット

【試薬】 希塩酸（0.1mol/L・0.01mol/L）各 30mL
水酸化ナトリウム水溶液（0.1mol/L・0.01mol/L）各 30mL
純水・エタノール・紫キャベツ

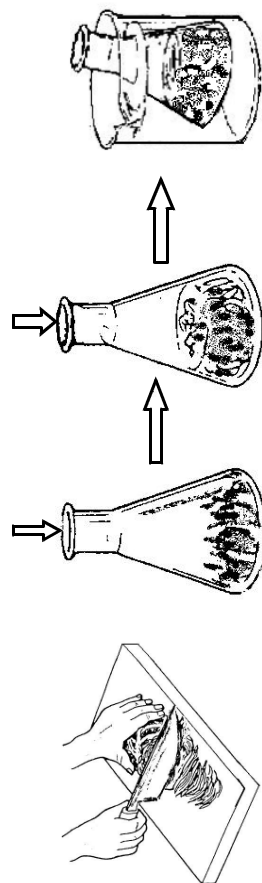
【実験】

I. (1) ビーカーに、いろいろな濃度の酸・塩基溶液を用意する。



(2) 紫キャベツの色素を抽出する。
紫キャベツ 8g を細かく刻んで、50mL の三角フラスコに入れ、エタノール 20mL を加える。
200mL ビーカーに約 60℃ の温湯を入れ、この中へ紫キャベツを入れた三角フラスコをひたす。
60℃ 近辺で 10 分間保つ。
紫キャベツの色素はエタノールの中へ簡単に溶け出し、液が赤紫色になってくる。

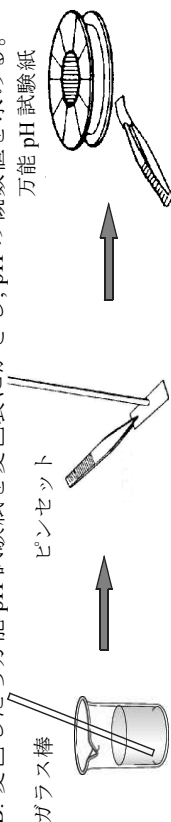
紫キャベツ エタノール



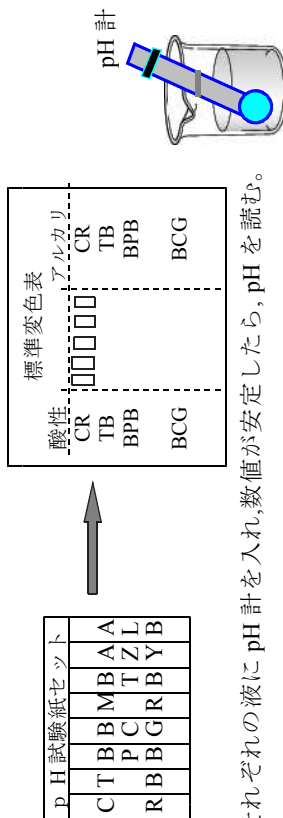
60℃のお湯につけておく

II. pH試験紙を使って、pHを測定しⅢの表へ記録する。その際、溶液を試験紙に付けてから、1～2秒で測定すること。

A. Iの(1)で用意した溶液をガラス棒に付け、万能pH試験紙に付けてみる。
B. 変色したら万能pH試験紙を変色表にかざし、pHの概数値を求める。



C. pH試験紙セット箱から概数値に近い試験紙を選び、Aと同様に溶液を付けてみる。
D. 標準変色表に、変色したpH試験紙をかざし、pHの測定値を求める。



E. それぞれの液にpH計を入れ、数値が安定したら、pHを読む。

III. 紫キャベツの色素のpHによる呈色を調べる。
Iの(2)で抽出した紫キャベツの抽出液を、Iの(1)のビーカーにそれぞれ5mLずつ加えよく混ぜ合わせ、色調を調べる。

【結果】

ビーカー mol/L	① 0.1 HCl	② 0.01 HCl	③ 純 水	④ 0.01 NaOH	⑤ 0.1 NaOH
理 論 値					
pH の 測 定 値 (試験紙種類)					
pH 計 の 測 定 値					
紫キャベツ による呈色					

【感想】

pH の測定

I 準備における留意事項

1 使用器具

ビーカー (①から⑤), 駒込ピペット, 三角フラスコ (50mL) ビーカー (200mL)
ガラス棒, 万能 pH 試験紙, pH 試験紙セット, 標準変色表, pH 計

2 使用する試薬等

希塩酸 (0.1mol/L 0.01mol/L) 各 30mL
水酸化ナトリウム (0.1mol/L 0.01mol/L) 各 30mL
純水, エタノール, 紫キャベツ

塩酸 (HCl) 【劇物】	
性質	・ 強酸であり, 塩基と激しく反応し, 腐食性を示す。 ・ 酸化剤と激しく反応し, 有毒なガス (塩素) を生成する。 ・ 多くの金属を侵し, 塩化物と水素ガス (可燃性の気体) を生成する。
保管	・ 塩基, 酸化剤, (特に硝酸, 塩素酸塩), 可燃物, 硫化物 ・ 直射日光を避け, 40℃以下に保ち, 換気のよい場所に保管する。
毒性 危険性	・ 眼, 皮膚, 気道に対して刺激性を有する。 ・ 強酸性で, 金属と反応して発生した水素と空気が混合して, 爆発性気体を生ずる。
廃棄	・ 水に溶解して希薄水溶液とし, アルカリで中和させた後多量の水で希釈処理する。 ・ 廃棄物処理業者に委託する。
注意	・ 皮膚に付着した場合は多量の水で洗い流す。 ・ 眼に入った場合は清潔な水で十分洗浄し, 眼科医の処置を受ける。 ・ 保護手袋, 保護衣, 保護めがねを使用する。

水酸化ナトリウム (NaOH) 【劇物】	
性質	・ 白色粒状で無臭, 潮解性がある。 ・ 不燃性だが, 湿気や水に接触すると, 可燃性物質の発火に十分な熱を発生する。 ・ 強塩基であり, 酸と激しく反応する。 ・ 湿った空気中で亜鉛, アルミニウム, スズ, 鉛など金属を腐食する。
保管	・ 乾燥, 密封, 耐腐食性のコンクリートの床のある場所に貯蔵する。 ・ 常温でポリ容器に保管し, 容器は密封する。 ・ 水溶液をガラス容器に入れた場合は栓はゴム栓やシリコン栓を使用する。
毒性 危険性	・ 皮膚に触れると皮膚を激しく侵し, 目に入ると失明のおそれがある。 ・ 濃厚液を飲めば口内, 食道, 胃などの粘膜が侵され危険。 ・ 個体でも液体でも体の組織に対して強い腐食性を示す。
廃棄	・ 水に溶解して希薄水溶液とし, 酸で中和させた後, 多量の水で希釈処理する。 ・ 廃棄物処理業者に委託する。
注意	・ 皮膚に付着した場合は多量の水で洗い流す。 ・ 眼に入った場合は清潔な水で十分洗浄し, 眼科医の処置を受ける。 ・ 身体とのあらゆる接触を避ける。 ・ 保護手袋, 保護衣, 保護めがねを使用する。

3 試薬の調製

(1) 0.1mol/L, 0.01mol/L 塩酸水溶液の調製

- 濃塩酸 (12mol/L) 1 に対して純水 11 の割合で薄め 1mol/L の塩酸水溶液を作る。
- 1mol/L 塩酸水溶液 1 に対して純水 9 の割合で薄め 0.1mol/L 塩酸水溶液を作る。
- 0.1mol/L 塩酸水溶液 1 に対して純水 9 の割合で薄め 0.01mol/L 塩酸水溶液を作る。

(2) 0.1mol/L, 0.01mol/L水酸化ナトリウム水溶液の調製

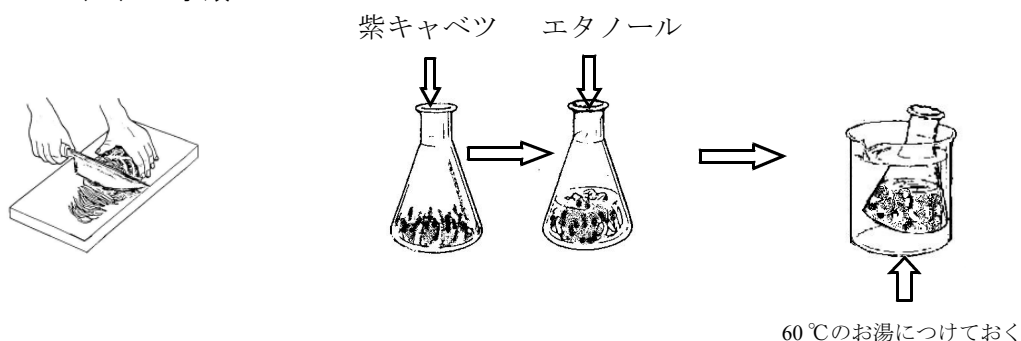
- 水酸化ナトリウムの結晶を 4.00 g を正確にはかりとり純水約 500mL 入ったビーカーに入れよくかき混ぜて溶かす。その溶液を 1 L メスフラスコに移す。ビーカーに付着した分も純水で洗って入れる。
- 純水を 1 L メスフラスコに八分目ほど入れ水平に振り混ぜてよく溶かす。
- 標線まで純水を注意深く入れる。よく振って濃度を均一にする。栓をして倒置しながらよく振る。
- 上記で作った 0.1mol/L 1 に対して純水 9 の割合で薄め 0.01mol/L 水酸化ナトリウム水溶液を作る。



0.1mol/L 0.01mol/L 水酸化ナトリウム水溶液の調製は、空気中の CO₂ を吸収して、酸性に傾いていくので当日試薬の調整を行う。

II 実施上の留意事項

1 実験操作 I の (2) の手順について



紫キャベツの色素を抽出

- 紫キャベツ 8g を細かく刻み 50mL の三角フラスコに入れ、エタノール 20mL を加える。
- 200mL のビーカーに約 60℃ の温湯を入れ、この中に紫キャベツを入れた三角フラスコをひたす
- 60℃ 近辺で 10 分間保つ。紫キャベツに含まれるアントシアン系色素が抽出される。

濃い色素の抽出に時間がかかるのでこの実験の最初に行うと良い。

紫キャベツの色素の抽出方法について比較

万能 pH 試験紙に相当する紫キャベツの色素アントシアンを使用。紫キャベツの抽出方法は教科書には煮出し法が載っているでアルコール法と比較してみた。

抽出方法	操作	長所 (○)・短所 (×)
煮出し法	キャベツに沸騰したお湯を入れ色素を抽出する	○操作が簡単 ×長期保存ができない
アルコール法	フラスコにキャベツとエタノール入れ、湯煎しかける	○抽出液が透明できれい ○比色の数が多い ×抽出に時間がかかる。

ワンポイントアドバイス

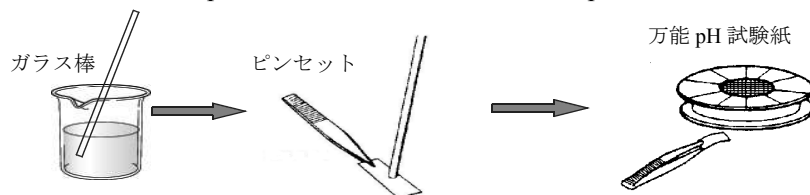


★紫キャベツが手に入りにくい事もあるので、紫キャベツを見つけたときに、細かく切ってナイロン袋に入れ、冷凍庫で凍らせる方法が良い。凍らせることで長期間保存が可能になる。また、凍らせると紫キャベツの細胞内の水分が凍結するため、細胞壁が破壊され、濃い色素液を得ることができる。

2 実験操作Ⅱの手順について

(1) 最初に万能 pH 試験紙でおおよその pH を測定する。

変色したら万能 pH 試験紙を変色表にかざし、pH の概数値を求める。



NO!! ガラス棒で試験紙に検水をつけたら、濡れている部分の色をできるだけ早く標準変色表と比べる。
試験紙を直接検水の中に付けない。(試験紙の色素が出てしまうので)

(2) (1) で測定した概数値に近い試験紙を選ぶ。

(3) 試験紙セットで、より正確に測定する。

pH 試験紙セット							
C	T	B	B	M	B	A	A
		P	C		T	Z	L
R	B	B	G	R	B	Y	B

例えば
BPB 試験紙に
溶液を付けた時
酸性色の領域色に
変色したら、
より酸性という意味
になるので TB・CR
に戻ると良い。

標準変色表	
酸性色	アルカリ色
CR □ □ □ □ □	CR □
TB □	TB □
BPB □	BPB □
BCG □	BCG □
MR □	MR □

標準変色表の見方

例えば
BPB 試験紙に
溶液を付けた時
アルカリ色の領域色に
変色したら、
よりアルカリ性という意
味になるので BCG・MR
に進むと良い。

pH 試験紙について

水溶液の pH (水素イオン濃度) を簡単に測定できる。ロールタイプ、ブックタイプ、スティックタイプがある。万能 pH 試験紙は一枚の試験紙ですべての範囲の pH が測定でき便利だが、おおよその pH しかわからない。pH 試験紙は適切な試験紙を選び、標準変色表と比較して 0.2 段階の pH の値を調べる。pH 試験紙の測定有効範囲は下表の通り。

試験紙		pH 測定有効範囲	試験紙		pH 測定有効範囲
CR	クレゾールレッド	0.4 ~ 8.8	MR	メチルレッド	5.4 ~ 7.0
TB	チモールブルー	1.4 ~ 9.6	BTB	ブロムチモールブルー	6.2 ~ 7.8
BPB	ブロムフェノールブルー	2.8 ~ 4.4	AZY	アリザリンエロー	10.0 ~ 12.0
BCG	ブロムクレゾールグリーン	4.0 ~ 5.6	ALB	アルカリブルー	11.0 ~ 13.6

pH 試験紙扱い方

濡れた手や汚い手で触らないこと。

試験紙を検水につけたなら濡れている部分の色をできるだけ早く標準変色表と比べる。

保管方法

密閉して保存。

ワンポイントアドバイス



- ★ pH を測定する前に試験紙にビーカー①～⑤の番号を書いておくとうい。
- ★ 白い紙の上で色を確認するほうがわかりやすい。

(4) それぞれの液に pH 計を入れ、数値が安定したら、pH を読む。



実験をする前に用意

pH 計を pH 標準液 pH 4 と pH 7 の錠剤を溶かし校正しておく。
機種により使用説明書を参照する。

pH 計 の使用法について

pH 計は指定された位置まで溶液につける。(あまり深くつけすぎないようにする)
使用後は必ず電極を蒸留水ですすぐ。(すすぎ作業で電極の寿命違いがでる)
長い間使用しないで、使用する時は電極部を水道水にしばらくつけておくと良い。

(5) 紫キャベツの抽出液を加え pH による呈色を調べる。



指示薬となる植物

赤しそ，赤いサルビア，アサガオ，ブルーベリー，マローブルー，紅芋



呈色を調べ終わったら

酸，アルカリの溶液を少しずつ混ぜ合わせると，幻想的な色調になる。
生徒に楽しめると良い。

III 実施後の留意事項

- ・本実験の試薬 HCl ・ NaOH については全て同じ濃度なので中和の後，流して処理しても良い。(教育上全て回収の場合は，重金属の廃液入れに処理する。)
- ・紫キャベツは水切りコーナーにネットを張り捨てさせる。

IV その他

1 結果のまとめ

ビーカー mol/L	① 0.1 HCl	② 0.01 HCl	③ 純水	④ 0.01 NaOH	⑤ 0.1 NaOH
理論値	1	2	7	12	13
pH の測定値	1.1	2.2	6.0	11.6	12.8
試験紙種類	CR	TB	MR	AZY	ALB
pH 計の測定値	1.3	2.3	6.8	12.0	12.9
紫キャベツ による呈色	赤	ピンク	薄紫	緑	黄緑

2 考察

(1) 0.1mol/L の塩酸の pH の求め方

HCl は 0.1mol/L なので 1 L 中に 0.1mol HCl を含む。

塩酸は強酸で、ほぼ完全に電離している。 $\text{HCl} \rightarrow \text{H}^+ + \text{Cl}^-$

塩酸では HCl 0.1mol から H^+ 0.1mol が生じる。

したがって $[\text{H}^+] = 0.1 = 10^{-1} \text{ mol/L}$ より $\text{pH} = 1$ となる。



(1.0×10^{-1})

同様に考えると 0.01mol/L の塩酸は

$[\text{H}^+] = 0.01 = 10^{-2} \text{ mol/L}$ より $\text{pH} = 2$ となる。

酸の濃度が 1/10 ($[\text{H}^+]$ が 1/10) になると pH は 1 大きくなる

(2) 0.1mol/L の水酸化ナトリウム水溶液の pH の求め方

NaOH は 0.1mol/L なので 1 L 中に 0.1mol NaOH を含む。

水酸化ナトリウムは強塩基で、ほぼ完全に電離している $\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{OH}^-$

水酸化ナトリウム 0.1mol から OH^- 0.1mol が生じる。

したがって $[\text{OH}^-] = 0.1 = 10^{-1} \text{ mol/L}$ ということは

$[\text{OH}^-] = 10^{-1} \text{ mol/L}$ のとき $[\text{H}^+] = 10^{-13} \text{ mol/L}$ である

よって $\text{pH} = 13$ となる。

同様に考えると、0.01mol/L の水酸化ナトリウム水溶液は

$[\text{OH}^-] = 0.01 = 10^{-2} \text{ mol/L}$ より $\rightarrow [\text{H}^+] = 10^{-12} \text{ mol/L}$ になるので $\text{pH} = 12$ となる。

塩基の濃度が 1/10 ($[\text{H}^+]$ が 10 倍) になると pH は 1 小さくなる。

(3) 水のイオン積

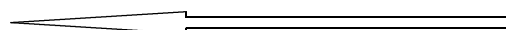
水に酸や塩基を加えると、水素イオン濃度 $[\text{H}^+]$ と水酸化物イオン濃度 $[\text{OH}^-]$ は変化するが、水溶液の性質として、これらの積は常に一定の値に保たれる。



これを **水のイオン積** と言う。

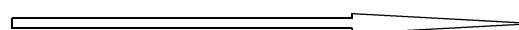
$$[\text{H}^+] \times [\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-14} \text{ [(mol/L) }^2 \text{]}$$

mol/L	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}	10^{-11}	10^{-12}	10^{-13}	10^{-14}
pH $[\text{H}^+]$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
pH $[\text{OH}^-]$	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0



酸性が強くなる

← (水に酸を溶かすと $[\text{H}^+]$ が大きくなる)



塩基性が強くなる

(水に塩基を溶かすと $[\text{OH}^-]$ が大きくなる) →

$[\text{H}^+]$ と $[\text{OH}^-]$ は反比例の関係にある。

(4) pH (水素イオン指数) について

水溶液の水素イオン濃度は、非常に小さい値から大きい値まで、広い範囲にわたって変化するため、次のように 10^{-n} の形で表される。

$$[\text{H}^+] = 1.0 \times 10^{-n} \text{ [mol/L]}$$

n の値を pH または水素イオン指数といい、酸性・塩基性の強さを表す。

中和滴定

年 組 番 氏 名

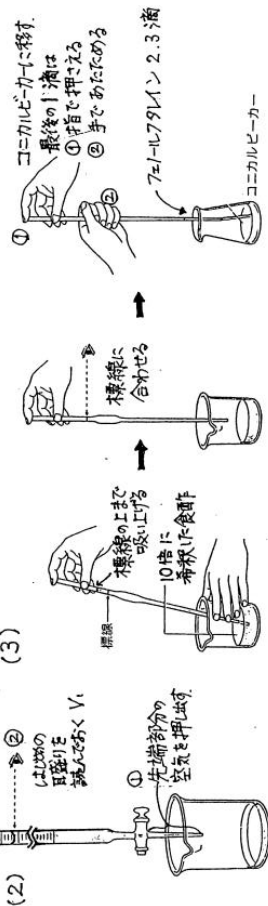
【目的】酸と塩基の中和反応を利用し、食酢を水酸化ナトリウム水溶液により滴定し、食酢の濃度を決定する。

【準備】薬品：食酢(市販品を10倍に希釈) CH_3COOH
0.1mol/L水酸化ナトリウム水溶液 NaOH
フェノールフタレイン

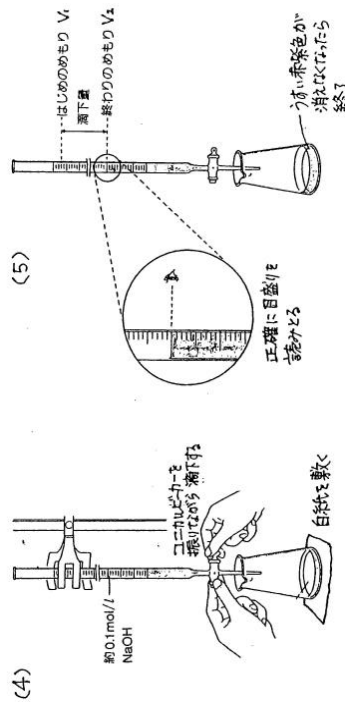
器具：ホールビペット、ビュレット、コニカルビーカー(三角フラスコ)、
ビュレット台、白紙、ロート、メスフラスコ

【実験】

- (1) ビュレットのコックが閉じていることを確認し、ロートを使って 0.1mol/L 水酸化ナトリウム水溶液を入れる。
- (2) コックを開いて勢よく液を流し落とし、ビュレットの先端部分の気泡を押し出す。気泡がなくなったらコックを閉じる(液がたたくらん流れ出てしまったら、ビュレットに戻す)。ロートをはずし、目盛りを読んどく。
- (3) 10倍希釈した食酢をホールビペットで正確に 10mL はかり取りコニカルビーカーに入れ、さらにフェノールフタレインを2,3滴加える。



- (4) 食酢の入っているコニカルビーカーの下に白紙を敷き(色の変化が確認しやすい)、ビュレットから食酢中に水酸化ナトリウム水溶液を少量ずつ滴下していく。(1滴ごとに滴下された部分が赤紫色になるが、振るとすぐ消える。)
- (5) 振っても赤紫色がごくわずかに残るようになった時点で滴下するのをやめ、ビュレットの目盛りを読む。
- (6) コニカルビーカーの液を流しに捨て、よく水洗いした後、(3)～(5)の操作を班員数繰り返す。(最低3回) * 2個のコニカルビーカーを効率よく使うこと。



【データの整理および考察】

回数	初めの目盛の値 V_1	中和点における目盛の値 V_2	滴下量 $V = V_2 - V_1$
1回目	mL	mL	mL
2回目	mL	mL	mL
3回目	mL	mL	mL
平均値			

滴定量の平均値 _____ mL

- 1 上の平均値を、中和の関係式を利用して、10倍にうすめた食酢の濃度は何 mol/L かを計算しなさい。

$$n \times \frac{CV}{1000} = n' \times \frac{C'V}{1000}$$

n : 食酢中の酢酸の価数
 C : 酸のモル濃度
 V : 酸の体積
 n' : 塩基の価数
 C' : 塩基のモル濃度
 V' : 塩基の体積

- 2 市販の食酢に含まれる酢酸の濃度は何 mol/L ですか。

- 3 食酢 1 リットル中に含まれる酢酸(CH_3COOH =60)の質量を求めてみよう。

- 4 食酢中の、酢酸の質量パーセント濃度は何%ですか。ただし、食酢の密度は 1.02g/L とする。

$$\text{質量パーセント濃度} = \frac{\text{溶質の質量}}{\text{溶液の質量}} \times 100$$

- 5 この中和反応の化学反応式を書きなさい。

- 6 この実験でコニカルビーカーだけ、濡れていてもよいのは何故か。

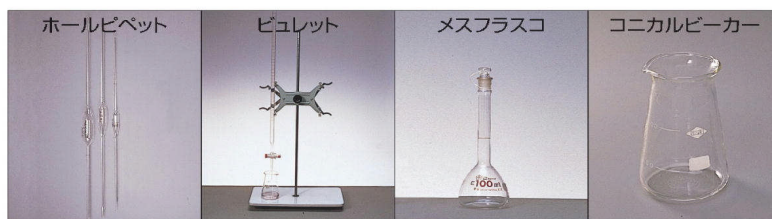
- 7 ビュレットとホールビペットが濡れている場合、使用する液でそれぞれを洗ってから使用するが、そのことを何というか。

中和滴定

I 準備における留意事項

1 使用器具

ホールピペット(10 mL) , ビュレット(25 mL か 50 mL) , コニカルビーカー(三角フラスコ)
ビュレット台, ロート, メスフラスコ(100 mL) , ビーカー(100 mL)



(実教出版化学より)

2 使用する試薬等

0.1 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液 , 食酢(市販品を 10 倍に希釈) , フェノールフタレイン溶液

水酸化ナトリウム (NaOH) 【劇物】	
性質	・ 白色粒状で無臭, 潮解性がある。 ・ 不燃性だが, 湿気や水に接触すると, 可燃性物質の発火に十分な熱を発生する。 ・ 強塩基であり, 酸と激しく反応する。 ・ 湿った空気中で亜鉛, アルミニウム, スズ, 鉛などの金属を腐食する。
保管	・ 乾燥, 密封, 耐腐食性のコンクリートの床のある場所に貯蔵する。 ・ 常温でポリ容器に保管し, 容器は密閉する。 ・ 水溶液をガラス容器に入れた場合は栓はゴム栓やシリコン栓を使用する。
毒性	・ 皮膚に触れると皮膚を激しく侵し, 目に入ると失明のおそれがある。 ・ 濃厚液を飲めば口内, 食道, 胃などの粘膜が侵され危険。 ・ 固体でも液体でも体の組織に対して強い腐食性を示す。
廃棄	・ 水に溶解して希薄水溶液とし, 酸で中和させた後, 多量の水で希釈処理する。 ・ 廃棄物処理業者に委託する。
注意	・ 皮膚に付着した場合は多量の水で洗い流す。 ・ 目に入った場合は清潔な水で十分洗浄し, 眼科医の処置を受ける。 ・ 身体とのあらゆる接触を避ける。 ・ 保護手袋, 保護めがねを使用する。

フェノールフタレイン溶液

指示薬・・・中和滴定に際して中和点を知るために加える試薬。 特定の pH の範囲で分子構造が変わって変色する色素 (フェノールフタレインの変色域は 8.0 ~ 9.8)
他にメチルオレンジ (3.1 ~ 4.4) BTB (変色域 6.0 ~ 7.6) などがある

3 試薬の取り扱いについての注意

- (1) 水酸化ナトリウムは潮解性(空気の湿気で溶ける)があるので電子天秤で測定中に重くなっていく。このためおよその質量しかわからない。測定後は, ただちにメスフラスコに入れる。
- (2) 水酸化ナトリウムは強塩基性なので取り扱いには十分注意する。手についたときはすぐ多量の流水で洗う。また眼に入らないように保護めがねを使用する。

4 一般的な電子天秤の使い方

- (1) 電源スイッチを ON にする。
- (2) 無負荷の状態で指示値がゼロであることを確認する。重量表示が 0 になっていなければ, ゼロ点調節 (ゼロ・リセットボタンを押す) して表示を 0 にする。
- (3) 試料をはかりとるための薬包紙あるいはビーカーなどを乗せ, ゼロ点調節 (ゼロ・リセットボタンを押す) して表示を 0 にする。
※この操作を風袋引き (ふうたいびき) という。
- (4) 薬さじで試薬を取り, 少量ずつ目的の重さになるまで落下させ計量する。

5 滴定に用いる試薬溶液の調製

(1) 10倍に薄めた食酢の調製

- 食酢をホールピペットで 10 mL とり 100 mL メスフラスコに移す。
- 純水を加えてメスフラスコの標線に合わせ 100 mL とする。
- メスフラスコの栓をしてよく混ぜる。

(2) 0.1 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液の調製 (生徒実験ではこの溶液を使って滴定する)

- 水酸化ナトリウムの結晶を 4.00 g を正確にはかりとり純水約 500 mL 入ったビーカーに入れよくかき混ぜて溶かす。その溶液を 1 L メスフラスコに移す。ビーカーに付着した分も純水で洗って入れる。
- 純水を 1 L メスフラスコに八分目ほど入れ水平に振り混ぜてよく溶かす。
- 標線まで純水を注意深く入れる。よく振って濃度を均一にする。栓をして倒置しながらよく振る。

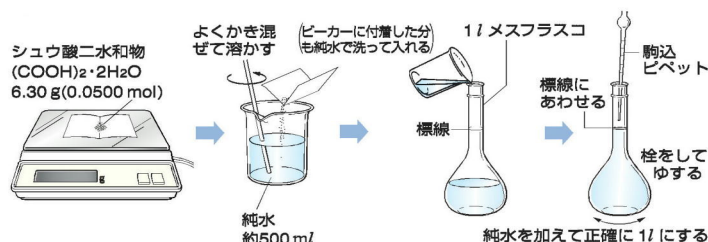
* 生徒実験ではこの溶液を使って滴定するが、より正確に測定する場合は調製した水酸化ナトリウム水溶液の標定が必要である (下記参照)。

水酸化ナトリウム水溶液の標定方法

- (1) シュウ酸標準溶液の調製をする。
- (2) 約 0.1 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液の調製をする。
- (3) シュウ酸標準溶液を使用して水酸化ナトリウム水溶液の濃度を決定する。

(1) 0.050 mol/L シュウ酸標準溶液の調製

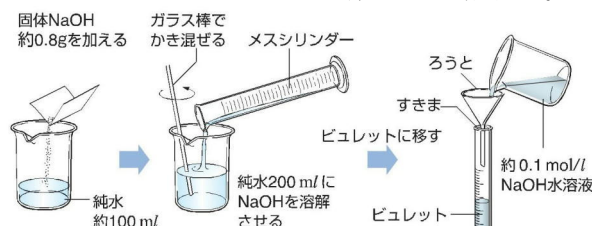
- シュウ酸の結晶を 6.30 g 正確にはかりとり純水約 500 mL 入ったビーカーにいれよくかき混ぜて溶かす。その溶液を 1 L メスフラスコに移す。ビーカーに付着した分も純水で洗って入れる。
- 純水を 1 L メスフラスコに八分目ほど入れ水平に振り混ぜてよく溶かす。
- 標線まで純水を注意深く入れる。よく振って濃度を均一にする。栓をして倒置しながらよく振る。



(実教出版化学より)

(2) 約 0.1 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液の調製

- 水酸化ナトリウム結晶 0.8 g をはかりビーカーに入れる。
- 純水 200 mL を手早く加えガラス棒で溶かす。
- ビュレットに注ぐかまたはボリの試薬瓶に保存する。



(実教出版化学より)

(3) シュウ酸水溶液で水酸化ナトリウム水溶液を滴定

- シュウ酸水溶液を入れたコニカルビーカーにビュレットから水酸化ナトリウム溶液を滴下していき中和の終点を求める。終点に近づくと色の消え方が遅くなるので注意しながら一滴ずつ滴下する。
- 溶液の攪拌にはマグネチックスターラーを使用するとよい。
- 滴下していくと液の色は薄い赤紫色になるがしばらくすると消える。軽く振り混ぜてもこの色が消えなくなった点を終点とする。
- 目盛りは液面と目の高さを一致させながらメニスカスに注意し目分量で最小目盛りのさらに 1/10 (小数第2位) まで正確に読む。ビュレットの目盛りは上から下へとつけてあるので間違えないように読む。
- 同じ操作を 3 回繰り返し、データを取り平均値を求める。余りにも異なる値は平均には加えない。

II 実施上の留意事項

1 中和滴定に使用する器具について

(1) 共洗いを必要とするもの

ともあらい
*** 共洗い**……ホールピペットやビュレットは水洗後、これから使用する溶液で器具の内壁を洗う。この操作のことを共洗いという。共洗いは2～3回行い、共洗った溶液はすてる。これを行わないとせっかく正確に濃度を決定した標準溶液の濃度が薄まってしまい、はかりとった酸、塩基の物質質量が変化してしまう。

- ・ビュレット ……下部にある活栓の開閉により液体を少量ずつ滴下し任意の滴下量を測定できる器具。
- ・ホールピペット ……一定量の液体を正確にはかりとる計量器具。

(2) 共洗いしてはいけないもの(純水で洗うもの)

- ・コニカルビーカー……振っても液体が飛び出さないように上部の口をややすぼめたビーカー。(または三角フラスコ)
理由：純水で濡れていても、コニカルビーカー内の物質質量は変化しないので。
- ・メスフラスコ ……正確な濃度の溶液をつくったり、標準溶液をつくるのに用いる細長い首のある平底フラスコ。
理由：メスフラスコは純水を入れて希釈する器具なので、はじめから純水が付着していても溶液調製に影響しないから。



正確な目盛りが刻んであるガラス製の計量器具は絶対に加熱乾燥してはいけない。熱により器具が変形し、完全にもとには戻らず規定の体積をはかれなくなるからである。連続して実験する場合には共洗いをして使用する。

2 ホールピペットの操作について

※滴定で使用する試料溶液をホールピペットではかりとるとき注意



ホールピペットを直接試料溶液の中に突っ込んではいけません。メスフラスコからビーカーに移した試料溶液をホールピペットで吸い上げる。これは元となる試料溶液を汚染しないようにするためである。

- (1) ホールピペットは共洗いを必要とする。濃度が薄まってしまうから。
- (2) ホールピペットは標線(一定体積の液体をとるためにピペットに印が刻んである)の数 cm 上まで口か**安全ピペッター**を使って吸い上げ、人差し指で素早く押さえる。指の力をゆるめて液を滴下させ標線にあわせる。
- (3) コニカルビーカーの内壁に先端をつけ伝わらせて入れる。最後に先端にわずかな液体が残ってしまうがこの液体を決して口で吹いてはならない。
- (4) 最後の一滴を出すにはホールピペットの上部を指で押さえ、ふくらみの部分を手のひらで温めると中の空気が膨張して液滴が自然に押し出される。

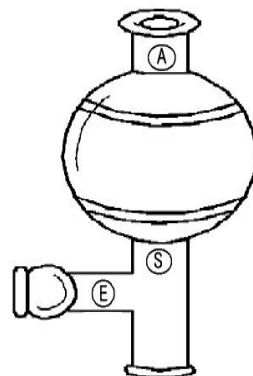
安全ピペッター……口で吸う代わりに溶液を吸い取る器具。溶液を吸い込む恐れがないので安全である。

安全ピペッターの種類

- | | | |
|---------------------|------------------|---------|
| ・ 50 mL ピペット吸入口外径 | 6 ～ 12 mm 用 | 1,850 円 |
| | 6 ～ 8 mm 用 | 1,200 円 |
| | シリコン製 6 ～ 8 mm 用 | 2,800 円 |
| ・ ピッペ (安全ピペッターの簡易型) | | |
| 50 mL ピペット吸入口外径 | 6 ～ 9 mm 用 | 1,380 円 |

安全ピペッターの使用方法

- ① まずピペットに安全ピペッターを取り付けるが、接続するそれぞれの近い部分を持って取り付ける。左手でピペット, 右手で安全ピペッターを持って取り付ける。
- ② ①を押しながら球をつぶし、中の空気を押し出す。
- ③ ②を押してゆっくり試料を吸い上げる。
- ④ 軽く⑤を押して試料をメニスカスに合わせ、⑥を押して排出する。



3 ビュレットの操作について

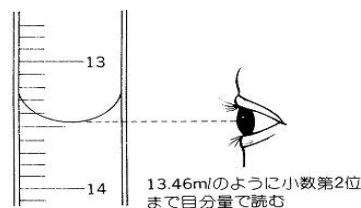
- (1) ビュレットは共洗いた後、水酸化ナトリウムをロートを使用して注ぐ。その際ロートとビュレットの間は隙間をあける。また活栓が閉じていることを確認する。またビュレットの下には受け器のビーカーを置く。ビュレットに注ぐ時には必ず保護めがねを使用し、目線の位置より下で操作するのが安全である。

*ビュレットの共洗い……ビュレットの 1/4 ぐらいまで液を入れビュレットを寝かし、ゆっくりまわして内壁をぬらし液の一部は先端から流して捨て、また残りは上部から捨てる。

- (2) ビュレットの先端部分に空気が入ってしまうので活栓を開いて勢いよく液を流し落とし空気を押し出す。ビュレットの先端までが滴下量（体積）に含まれているので空気が入らないようにする。ビュレットの先端まで液を満たしたら、目の位置を液面と同じ高さでメニスカスに注意しながら目盛りを正確に読む(0.01 mL まで)。必ずしも 0 に合わせる必要はない。

以上の操作が完了したら受け器のビーカーを外す。

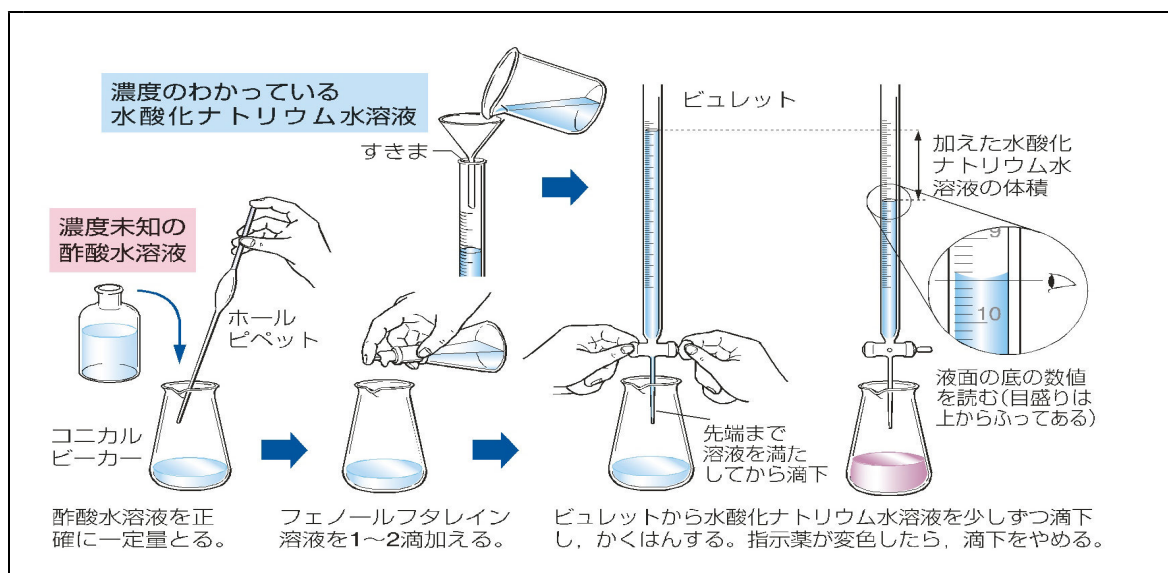
***メニスカス……**液面は濡れにより壁に沿う周囲が上がり曲面になる。液面の最下端が水平方向から見て標線と一致させた目盛りを読む。



4 滴定の操作について

- (1) 食酢を入れたコニカルビーカーにビュレットから水酸化ナトリウム水溶液を滴下し、よく振り混ぜる。終点に近づくとき色の消え方が遅くなるので注意しながら一滴ずつ滴下する。
- (2) 滴下していくと液の色は薄い赤紫色になるがしばらくすると消える。軽く振り混ぜてもこの色が消えなくなった点を終点とする。
- (3) ビュレットの目盛りは液面と目の高さを一致させながらメニスカスに注意し、目分量で最小目盛りのさらに 1/10（小数第 2 位）まで正確に読む。ビュレットの目盛りは上から下へとつけてあるので間違えないように読む。
- (4) 同じ操作を 3 回繰り返し、データを取り平均値を求める。余りにも異なる値は平均に加えない。

滴定の操作手順



(実教出版化学より)

5 滴定の実験結果について

中和の量的関係を利用し酸（塩基）のいずれかのモル濃度がわかっているならば、これと中和したもう一方の塩基（酸）のモル濃度を求めることができる。

例：食酢（CH₃COOH）と水酸化ナトリウム（NaOH）の中和滴定

	はじめの読み	終わりの読み	滴下量(mL)
1	0.00	7.21	7.21
2	7.21	14.44	7.23
3	14.44	21.64	7.20

平均： 7.21 mL

※上記結果が得られたとき……

濃度 C [mol/L] の n 価の酸の水溶液 V [mL] から生じる H^+ の物質量は $n \times C \times V$ [mol] であり濃度 C' [mol/L] の n' 価の塩基の水溶液 V' [mL] から生じる OH^- の物質量は、 $n' \times C' \times V'$ [mol] である。これらが中和するとき次の式がなりたつ。

$$n \times C \times V / 1000 = n' \times C' \times V' / 1000$$

- ・食酢中の酢酸の濃度 C mol/L を求める

$$1 \times C \times 10.0 / 1000 = 1 \times 0.1 \times 7.21 / 1000$$

$$C = \underline{0.0721 \text{ mol/L}}$$

10 倍にうすめたので酢酸の濃度は $0.0721 \times 10 = 0.721 \text{ mol/L}$

酢酸の濃度 = 0.721 mol/L

- ・食酢中の酢酸の質量パーセント濃度を求める。

食酢の濃度を 1.0g/mL とすると CH₃COOH=60 から食酢 1L について計算すると

食酢 1 L 中の酢酸の質量 = $0.721 \times 60 \div 43.3 \text{ g}$ ，食酢 1 L の質量 = $1000 \times 1.0 = 1000 \text{ g}$

$$\therefore 43.3 \text{ g} / 1000 \text{ g} \times 100 = 4.33 \%$$

食酢中の酢酸の濃度 = 4.33 %

III 実施後の留意事項

ビュレットから水酸化ナトリウム水溶液を抜き取り、洗浄し活栓は開いた状態でビュレット台に逆さにしてつけたまま乾かす。長時間使用しないときは活栓もはずして洗浄する。残った溶液は回収する。

IV その他

- 1 今回の実験は濃度既知の 0.1 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液で、濃度未知の食酢の濃度を求める実験（通常の生徒実験ではこの方法が多い）だったが、水酸化ナトリウムを正確に秤量することが困難な上、空気中の CO₂ を吸収するため、正確な濃度の溶液を得ることはできない。従って、滴定の際には、あらかじめ 0.050 mol/L のシュウ酸標準溶液で水酸化ナトリウム水溶液の濃度を使用直前に滴定する必要がある。シュウ酸の結晶は安定で一定量を正確にはかりとることが出来るため標準溶液を作るのに適している。

- 2 一般に中和滴定では、水酸化ナトリウム水溶液をビュレットに入れる。これは、コニカルビーカーよりもビュレットの方が空気との接触面積が小さいため、空気中の CO₂ による影響を小さくできるからである。

3 おまけの Q & A

Q 滴定が終了したコニカルビーカーの赤紫色が薄くなり消えてしまうのはなぜか？

A コニカルビーカー内の溶液が、空気中の二酸化炭素を吸収して酸性になるため。

Q コニカルビーカーは水で洗ったまま使用できるのは？

A ピペットで一定量をはかりとった酸の量は、コニカルビーカー内に入った後水で薄めても変化しない。

※酸の濃度は変化するが、酸の絶対量は変化しない。

Q 中和滴定に使用する指示薬とは？

A 指示薬は中和滴定に際して中和点を知るために加えられる試薬で、特定の pH の範囲で変色する色素のこと。中和点付近では pH は大きく変化するため、この付近で変色する指示薬を利用して中和点を知ることが出来る。（変色域は「使用する試薬等」の項に記載）

①強酸＋強塩基の場合・・・フェノールフタレイン,メチルオレンジ どちらも可

②強酸＋弱塩基の場合・・・メチルオレンジ

③弱酸＋強塩基の場合・・・フェノールフタレイン

ろ紙電池

年 組 番 氏 名

1 ポルタ電池 (一) $Zn | H_2SO_4(aq) | Cu(+)$

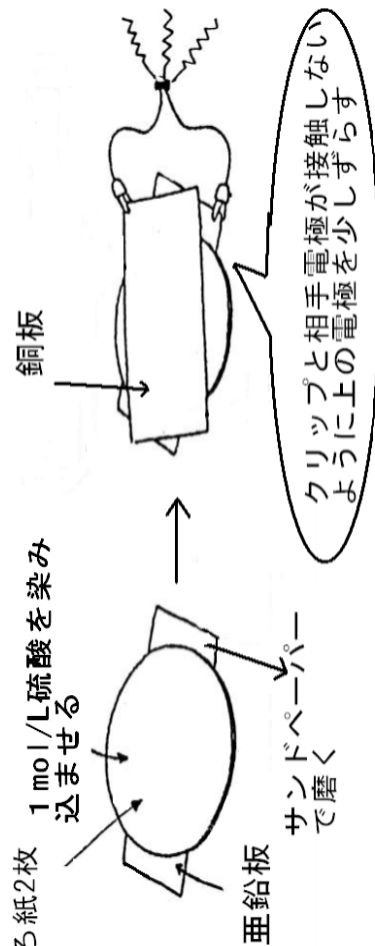
【準備】

亜鉛板・銅板・ろ紙 (直径 1.1 cm 2枚)・1 mol/L 硫酸・3 % 過酸化水素水
駒込ビペット・サンドペーパー・ブザー・リード線

【方法】

- (1) 負極になる亜鉛板の上に、ろ紙を 2 枚重ね、1 mol/L 硫酸を染み込ませる。
- (2) この上に正極になる銅板を重ねると電池になる。
- (3) リード線にブザーをつなぎ、それを両極板につないだら、上から押しつける。
- (4) 分極作用が起こり、ブザーがなくなったらろ紙に 3 % 過酸化水素水をかける。

ろ紙 2枚 1 mol/L 硫酸を染み込ませる



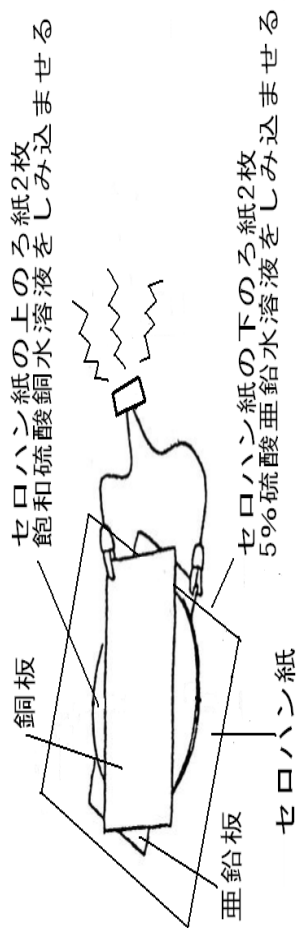
2 ダニエル電池 (一) $Zn | ZnSO_4(aq) | CuSO_4(aq) | Cu(+)$

【準備】

亜鉛板・銅板・ろ紙 (直径 1.1 cm 4枚)・セロハン紙・飽和硫酸銅水溶液
5 % 硫酸亜鉛・サンドペーパー・ブザー・プロペラ・リード線

【方法】

- (1) 負極になる亜鉛板の上に、ろ紙を 2 枚おき 5 % 硫酸亜鉛水溶液を染み込ませる。
- (2) この上にセロハン紙をのせる。ろ紙 2 枚を重ね飽和硫酸銅水溶液を染み込ませる。
- (3) この上に正極となる銅板を重ねると電池になる。
- (4) リード線にブザーをつなぎ両極板につなぎ、上から押しつける。
- (5) 分極を起こさずに長い時間ブザーが鳴り続ける。



3 鉛蓄電池 (一) $Pb | H_2SO_4(aq) | PbO_2(+)$

【準備】

鉛板 (2枚)・ろ紙 (直径 1.1 cm 2枚)・ゼネコン (手回し発電機)・ブザー
サンドペーパー・プロペラ・リード線・1 mol/L 硫酸

【方法】

- (1) 負極になる鉛板の上に、ろ紙を 2 枚おき 1 mol/L 硫酸を染み込ませる。
- (2) この上に正極になるもう 1 枚の鉛板を重ねる。
- (3) ゼネコンを接続して 100 回以上回して充電すると、電池になる。
- (4) リード線にブザーをつなぎ両極板につなぎ、上から押しつける。
(ブザーが鳴らないときには、リード線を逆に逆になぎ替える)



感想

ろ紙電池

I 準備における留意事項

※ろ紙電池は使用する溶液の量が少なくて済むので生徒実験には向いていると思われる。

1 使用器具

(1) ボルタ電池

亜鉛板，銅板，円形ろ紙(直径 11 cm) 駒込ピペット，サンドペーパー，ブザー（電子メロディ）
プロペラ，リード線

(2) ダニエル電池

亜鉛板，銅板，円形ろ紙(直径 11 cm)，セロハン紙，飽和硫酸銅水溶液，
5 %硫酸亜鉛，サンドペーパー，ブザー，プロペラ，リード線

(3) 鉛蓄電池

鉛板，円形ろ紙（直径 11 cm），ゼネコン(手回し発電機)，ブザー，サンドペーパー，プロペラ，
リード線

価格目安 手回し発電機：1500 円～1800 円 電子ブザー：550 円

電子メロディ：350 円（曲目は数種類有り）

2 使用する試薬等

硫酸(H_2SO_4)【劇物】	
性質	・無臭，無色，油状の吸湿性液体。
保管	・水，可燃性物質，還元性物質，塩基，金属等から離す。 ・密栓して冷暗所に保管する。
毒性 危険性	・脱水作用が非常に強く，人体に触れると水を取り激しい薬傷。 ・蒸気を長時間吸入すると呼吸器が侵される。 ・目に入ると失明することがある。
廃棄	・廃棄物処理業者に委託する。 ・水酸化カルシウム，炭酸ナトリウム等で中和させた後，多量の水で希釈処理。
注意	・保護手袋，保護衣，保護めがねを使用する。 ・溶解または希釈する時は必ず水の中に硫酸を徐々に加える。

硫酸亜鉛(ZnSO_4)【劇物】	
性質	・無水物は吸湿性の結晶性粉末。
保管	・換気のよい乾燥した冷所に保管する。
毒性	・眼には強い刺激性がある。
廃棄	・廃棄物処理業者に委託する。
注意	・加熱分解し，有毒な SO_x を発生する。 ・保護手袋，保護めがねを使用する。

硫酸銅 (CuSO ₄ ・5 H ₂ O) 【劇物】	
性質	・ 青色の結晶又は結晶状の細粒又は粉末結晶。
保管	・ 密栓して乾燥した冷暗所に保管する。
毒性	・ 経口摂取，吸入により中等度の毒性。
廃棄	・ 廃棄物処理業者に委託する。
注意	・ 加熱すると分解して SO _x の有毒なガスを発する。

過酸化水素水 (H ₂ O ₂) 【劇物】 【危：第六類・酸化性液体】	
性質	・ 加温や光の影響により分解し，酸素を生じて火災の危険性を増大させる。 ・ 強力な酸化剤であり，可燃性物質や還元性物質と激しく反応する。
保管	・ 冷所，暗所に保管する。 ・ 可燃性および還元性物質，強塩基，金属から離す。 ・ 加熱，光，衝撃，摩擦を避ける。
毒性 危険性	・ 皮膚，眼および粘膜を刺激して有毒。 ・ 60 % 以上の高濃度品は皮膚表面がはく離することがある。 ・ 25 % 以上の液が皮膚，粘膜に触れると激しい炎症を起こす。
廃棄	・ 廃棄物処理業者に委託する。
注意	・ 河川等に排出し，環境へ影響を起こさないように注意する。 ・ 衣類にかかった場合，直ちに汚染された衣類及び皮膚を多量の水で洗う。 ・ 保護手袋，保護めがねを使用する。

3 試薬の扱い・試薬の調製

- ① 1 mol/L 硫酸の作り方 (濃硫酸 18 mol/L 濃度 96%，密度 1.84 g/cm³)



濃硫酸 1：純水 17 の体積で希釈する。このとき純水に濃硫酸を少しずつ加える。
濃硫酸に水を加えると溶解熱により突沸が起こりとても危険である。

- ② 3%過酸化水素水の作り方

過酸化水素水 (34.5 % の場合) 過酸化水素水 3 mL に純水 31.5 mL を加える。

※ 10 倍に希釈するには過酸化水素と純水を 1：9 の割合で加える。

- ③ 飽和硫酸銅水溶液の作り方

(20℃の時) 純水 100 g に硫酸銅 (CuSO₄・5H₂O) 12.8 g を溶かす。



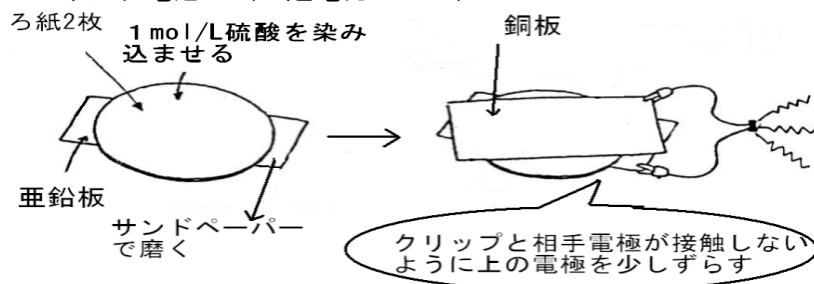
ワンポイントアドバイス

使用する溶液は調製をしてそれぞれ番号つき試験管に用意して班毎に配る。

- | | | | |
|---|-------------|-----|-----------|
| 1 | 1 mol/L 硫酸 | 3mL | |
| 2 | 3 % 過酸化水素水 | 2mL | ※軽くゴム栓をする |
| 3 | 飽和硫酸銅水溶液 | 3mL | |
| 4 | 5 % 硫酸亜鉛水溶液 | 3mL | |

II 実施上の留意事項

1 ボルタ電池 (起電力1.1V)

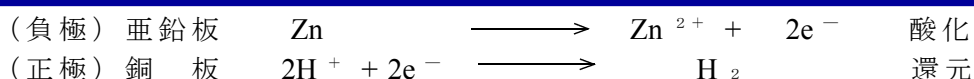


ボルタ電池って・・・

1800年、イタリアのボルタが銅板と亜鉛板に希硫酸（電解質）をしみ込ませた布をはさんで何層も重ね合わせた電池を発明した。

起電力・・・一般には電流が流れていない時の両極間の電位差のこと

ボルタ電池の原理



※ H_2 が発生するが、 H_2 を吸入すると咳き込んだりむせたりすることがある。

リード線を電極につなぐとブザーが鳴るが、しばらくして鳴らなくなる。

〔これは水素が銅板（陽極の表面）に付着して陰極の反応を邪魔する。このことを分極という。〕

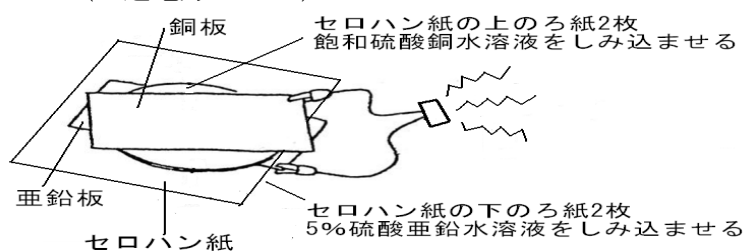
減極剤（酸化剤： H_2O_2 など）を加えると分極が押さえられる。

（水素の発生が抑えられ起電力が回復する）

再び電流が流れ、ブザーが鳴る。

2 ダニエル電池 (－) $\text{Zn} \mid \text{ZnSO}_4(\text{aq}) \mid \text{CuSO}_4(\text{aq}) \mid \text{Cu}$ (＋)

(起電力 1.1V)



シャーレ上に矢印の順にのせていく。

- ⑤ 銅板
- ④ ろ紙 (CuSO_4)
- ③ セロハン紙
- ② ろ紙 (ZnSO_4)
- ① 亜鉛板

シャーレ

※シャーレの代わりにOHPシートや不要になったわら半紙を使用しても良い。

1836年、イギリスのダニエルが、亜鉛板を浸した硫酸亜鉛水溶液と銅板を浸した硫酸銅水溶液を素焼き板で仕切った電池を発明した。

素焼き板は高価なので素焼き板の代わりにセロハン紙（膜）を使用

※セロハン紙は微小な穴が多数あいた半透膜となっていて SO_4^{2-} や Zn^{2+} が電解液の中を移動して電氣的に中性を保っている。また、正極と負極の溶液が混ざるのを防ぐ働きをしている。

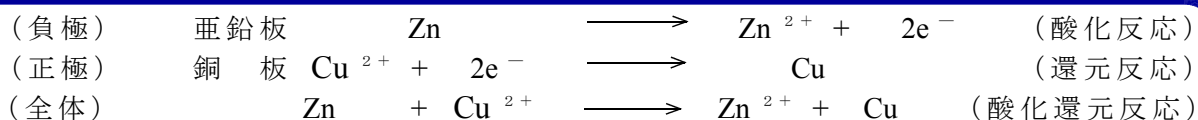
※硫酸銅水溶液の濃度が濃い方が電流の起電力や電流が増大する。

※2種の金属のイオン化の違いを利用して電流を取り出すことができる。

銅板×亜鉛板、銅板×マグネシウムリボンなどでもうまくいく。

$\text{Mg} > \text{Al} > \text{Zn} > \text{Cu}$ (イオン化傾向)

ダニエル電池の原理



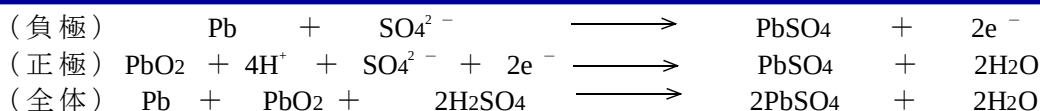
3 鉛蓄電池 (－) Pb | H₂SO₄ (aq) | PbO₂ (+) (起電力 2.1V)



※手回し発電機（ゼネコン）を接続する時，上の鉛板が正極になるようにすると鉛板が褐色に変化していく様子が確認できる。

手回し発電機を鉛板に接続し，100回まわしたら手回し発電機のクリップを外し，ブザーまたは電子メロディを接続する。ブザーが鳴らないときには，リード線を逆につなぎ替える。

鉛蓄電池の原理



ワンポイントアドバイス



- ①ボルタ電池，ダニエル電池，鉛蓄電池ともろ紙と金属板が密着していないとうまく電流が流れない。
- ②正極と負極の金属板やリード線が接触しないよう注意する。
- ③豆電球 (1.1V) や電子メロディー (1.2 ～ 3.6V)，プロペラモーター (0.4 ～ 1.5V) は動作電圧が小さいので，手回し発電機に直接接続する場合，はやく回しすぎると壊れてしまうことがあるので注意が必要である。
- ④ボルタ電池，ダニエル電池，鉛蓄電池とも，準備する際シャーレの中に金属板やろ紙をセットするが，シャーレを OHP シートや不要になったわら半紙に代えても良い。OHP シートは洗って再利用することができる。

・手回し発電機（ゼネコン）の使い方

ハンドルを回すことで簡単に発電できる手回し発電機。発電できるのは直流の電気で，約 5～10 V の直流電圧を発電できる。直流出力なので，電池の代用としていろいろ活用することができる。極性はハンドルを回す方向で変わる。ハンドルを右に回すとみの虫クリップの赤が＋極，黒が－極になる。逆に回すと極性が逆になる。豆球を点灯させたり，モーターを動かしたり，電気の体感学習に利用できる。

※力いっぱい回したり，高速で勢いよく回し過ぎると内部の部品がプラスチックでできているので壊れてしまうことがある。

参考：手回し発電機は理科機器メーカーで販売している。最大 12V の直流電圧を発電できるものや出力制御付の 5V のタイプまたコンパクトに収納するためハンドルが折りたためるタイプもある。出力制御タイプは豆電球，電子オルゴール，LED を使っても破損しないよう内部抵抗が入っている手回し発電機である。



Ⅲ 実施後の留意事項

- ① シャーレに残っている水溶液は金属が溶け出しているので回収し、廃棄物処理業者に委託する。
- ② ろ紙は不要な紙に包んで捨てる。
- ③ 鉛蓄電池で使用した鉛板について
正極の鉛板は褐色に変化しているが化学反応式を見ても解るとおり酸化鉛(Ⅳ) PbO_2 ができた。
この酸化鉛(Ⅳ) PbO_2 は発ガン性のある物質なので皮膚についたり、粉塵を吸入したりしないよう手袋やマスクで保護してから紙やすりで磨くか、またはクレンザーで磨いて洗うときれいになる。
- ④ 金属板は紙やすりで磨いて再利用する。

Ⅳ その他

1 実験応用例 (手回し発電機を使った燃料電池—電気分解)



試料カップ（ビーカーでも良い）に飽和食塩水を入れ、手回し発電機のクリップに鉛筆の芯を接続し、発電機を回す。このとき陽極となる一方の鉛筆の芯から塩素がもう一方の陰極からは水素が発生するので注意する。充電したら手回し発電機のクリップを外し、電子メロディやプロペラモーターに接続するとメロディが流れたりプロペラが回り、電池ができたことがわかる。

ワンポイントアドバイス



このとき陽極から塩素が発生するので注意する！！

2 おまけのQ & A

Q 分極がおこる理由は？

A ボルタの電池では、正極には水素が $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$ で生成する。この場合、生成した水素は気体なので極板表面を覆う。

その結果

- ① 電極の Cu と付着した H_2 ($\text{Cu} < \text{H}_2$) の間で新たな電池（局部電池）を形成し、逆反応 $\text{H}_2 \rightarrow 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$ が起ころうとする。
- ② 電極に付着した H_2 が気体であり、溶液中の H^+ が Cu 板から電子を受け取る反応 $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$ が起こりにくくなる。

Q ダニエル電池の中でセロハン（素焼き板）の役目は？

A セロハン（素焼き板）がないと、負極側と正極側の ZnSO_4aq と CuSO_4aq の両液が混合してしまうため、 $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$ と $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$ が同一極板で起こってしまう。また、完全に隔ててしまうと、溶液中をイオンが移動できなくなるため、 Zn^{2+} が負極側に増加し正に、正極側では Cu^{2+} の減少で負になり、電荷が偏るため、電流が流れなくなる。つまり、素焼き板やセロハンのような半透膜や塩橋は、電解液の混合を防ぎながらイオンの交換をする役割をする。

Q ダニエル電池の負極側では $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$ の反応なら、溶液は ZnSO_4aq でなくても良いのでは？

A $\text{Zn} \rightleftharpoons \text{Zn}^{2+}$ の平衡状態を生じさせ、起電力を一定に保つため。

【目 的】

- 1 熱は物体を動かす能力を持ったもの（＝エネルギー）であることを学ぶ。
- 2 気球が浮く仕組み（温度変化、重力、浮力等の関係）について考える。

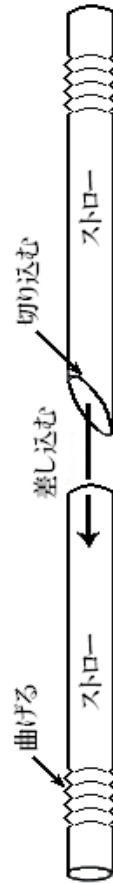
【理 論】

浮力・・・水の中の物体は物体の上面では下向き、物体の下面では上向きの力を受けるが、水圧は深いほど（ ）なるため、全体では圧力差の分だけ上向きの力が働くことになる。この力を浮力という。これと同じように空気中에서도（ ）の差により浮力が働き、熱気球は浮く。

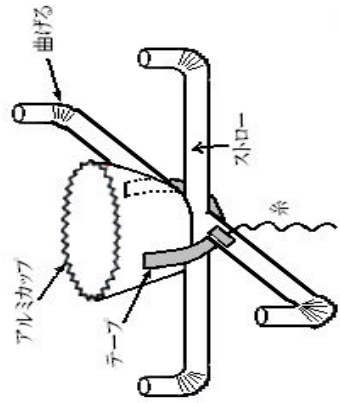
熱気球が浮く仕組み・・・熱気球は「熱い空気は冷たい空気よりも（ ）という原理に基づくものである。風船の内部の空気を加熱し温度を上げると、中の空気の熱運動が（ ）なり密度が（ ）ために気球にかかる重力が減り、浮力が大きくなり浮かび上がる。

【方 法】

- ① ストロー4本を用意し、下図のように2本中央でつなぎ合わせ、これを2組作る。



- ② 次にこれを右図のように十字型にセロハンテープで固定し、その上にアルミカップ1枚を乗せてしっかりと固定する。このときストローの中央部分に糸を付けておく。



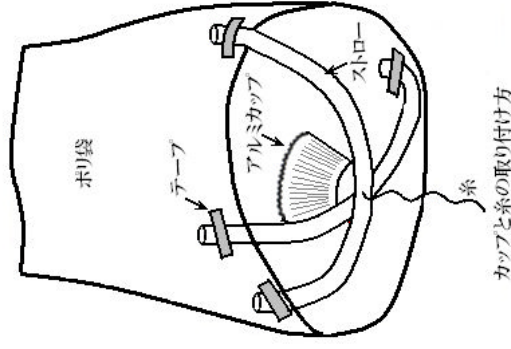
注意：アルミカップの外側下半分にのみセロハンテープを貼ること！セロハンテープに火がつくとストローが溶け、火事になる可能性がある。

- ③ 右図のように薄いポリエチレン製のゴミ袋（容積45 L）の内側に、袋の円周を4等分した位置に固定して口を大きく広い形にする。

- ④ アルミカップの中に、あらかじめ小さく切ったアルコール固形燃料を置き、一人がポリ袋の上部を持ち火を付ける。このとき、炎がストローやポリ袋に当たらないように特に注意すること！火を付ける際は必ず教師の立ち会いのもとで行う。

- ⑤ しばらくするとポリ袋はふくらんできて浮くようになり、上昇する。気球が浮かんできたら温度計を差し入れ袋内の温度を測定する。糸によって方向や上昇の高さを調節する。天井に触れないようにすること！危険なときは軍手をしてアルミカップ全体をにぎりしめると火は消える。

- ⑥ 火を消した後、室温と気球の質量を測る。



【結 果】

室温 $t_0 = (\quad) ^\circ\text{C}$
 浮かび始めた時の温度 $t = (\quad) ^\circ\text{C}$
 気球の質量 $m = (\quad) \text{g} = (\quad) \text{kg}$

【まとめ】

気体密度： ρ 、気球体積： V 、重力加速度： g 、気体質量： w 、気体分子量： M
 ※空気の密度は、気体の状態方程式 $PV = nRT$ より $n = w/M$ なので
 $\rho = w/V = PM/RT$ で求めることができる。

※浮力 F は、アルキメデスの原理より、気球の体積分の外気に働く重力に等しいので、外気の空気密度を ρ_0 とすると、 $F = \rho_0 V g$ で求めることができる。

※気球にかかる重力 W は、気球内の空気密度を ρ 、気球全体の質量を m とすると
 $W = \rho V g + mg$ で求めることができる。

※気球には、重力 W と浮力 F が働き、浮力 $F > 重力 W$ のとき浮く。

【気球の質量をはかり、何℃度で浮かぶかを計算してみよう】

- ⑨ 気球の中には空気だけではなく燃焼ガスが含まれる（アルコールを燃料としたときには、酸素が減り、二酸化炭素と水蒸気が増える）が、主として含まれるのは酸素であり、燃焼ガスの平均分子量は空気と同じと考えると計算してよい。

熱気球をつくって飛ばそう

I 準備における留意事項

1 使用器具

ストロー、アルミカップ(丸形9号規格 市販)、セロテープ、たこ糸、
ポリエチレン製ゴミ袋(容積45L・厚さ0.015mm)

はさみ、固形燃料、温度計

※固形燃料：メタノールなどのアルコールをゲル化剤により固化した燃料
キャンプなどで使うアルコール系燃料

2 使用する試薬

なし

II 実施上の留意事項

- ・楽しい実験に挑戦することで、熱に対して興味を持つことを目的とする。
- ・熱気球により、重力と浮力の関係に着目できるようにする。
- ・太くて曲げられるストロー4本用意し、そのうち2本を中央でつなぎ合わせ2組用意する。これを十字型にセロテープで止め、その上にアルミカップ1枚を乗せ固定する。軽量でないと浮かないので(下記参照)、なるべく軽く作る。どんどん上昇するのでカップ下にたこ糸をつけておく。これを薄いポリエチレン製ゴミ袋(厚さ0.0015mm・容積45L 650×800mm)の内側に、袋の円周を4等分した位置に固定して形を整える。キャンプなどで使うアルコール系燃料を削って少し(小指の先くらい)ずつ様子をみながらのせる。
- ・ビニール袋の上を横に開いて持ってもらい点火する。しだいにふくらみはじめ、あるとき「ふわっ」とした感触で熱気球は浮かび上がる。
- ・気球が浮かんできたときの温度測定は素早く温度計を袋内に差し入れ、火に気をつけて測定する。
- ・気温の高い日は浮かび上がりにくい。



- ・固形燃料がこぼれ落ちることがあるので十分注意する。
- ・火の扱いには十分注意する。
- ・ぬれ雑巾や軍手を用意しておくといよい。



- ・温度を上昇させると体積が膨張することを、気体の状態方程式や分子運動論的に考えるとよい。また、運動している気球について重力、浮力などを考えさせるとよい。

III その他

1 実験理論の回答

浮力・・・(大きく)(気圧)

熱気球が浮く仕組み・・・(軽い)(激しく)(減少する)

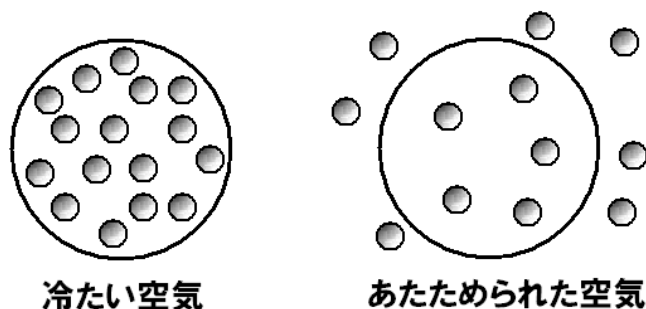
(浮力) > (気球の重さ) + (気球内の空気の重さ)

一定 重力 重力を減少させることで

2 おまけのQ & A

Q 空気が暖まると、なぜ軽くなるのだろうか

A 空気の分子の運動が活発になり体積が増えるので比重が軽くなる（下図参照）。



3 実施例

大気圧 1.013×10^5 [Pa]，室温 27 [°C]，浮かび始めた時の気球内の温度 77 [°C] として，何 g の気球が浮いたかを計算する。ただし，空気の平均分子量を 28.8 [g/mol] とし，重力加速度を g とする。

※気体の状態方程式より，27 °Cの空気の密度を ρ_0 とすると，

$$\rho_0 = PM / RT = (1.013 \times 10^5 \times 0.0288) / (8.31 \times 300) = 1.17 \text{ [kg/m}^3\text{]}$$

よって，このときの浮力 F は，気球の体積 $V = 45 \text{ [L]} = 4.5 \times 10^{-2} \text{ [m}^3\text{]}$ なので，

$$F = \rho_0 V g = 1.17 \times 4.5 \times 10^{-2} \times 9.8 = 0.52 \text{ [N]} \text{ となる。}$$

このことから，気球にかかる重力が 0.52 [N] 以下のとき浮くことがわかる。

77 [°C] で浮いたときの気球内の密度 ρ を求めるには，密度が絶対温度に反比例することから，次のようになる。ただし，気球内はすべて空気とする。

$$\rho = 1.17 \times (273 + 27) / (273 + 77) = 1.0 \text{ [kg/m}^3\text{]}$$

重力 W ，気球の体積 V ，気球の質量 m で，気球に働く重力は $W = \rho V g + m g$ により求められるので，

$$0.52 = 1.0 \times 4.5 \times 10^{-2} \times 9.8 + m \times 9.8$$

これを解くと， $m = 8.1 \times 10^{-3} \text{ [kg]} = 8.1 \text{ [g]}$ となる。

以上より，室温 27 [°C] のとき，45 [L] の袋でつくった 8.1 [g] の気球は，気球内が 77 [°C] になると浮上するといえる。

※気球の質量がわかれば，同様の方法で，おおよそ何°Cで浮くかを求めることができる。



⑨ 気球の中は空気だけではなく燃焼ガスが含まれる（アルコールを燃料としたときには，酸素が減り，二酸化炭素と水蒸気が増える）が，主として含まれるのは窒素であり，ここでは燃焼ガスの平均分子量は空気と同じと考えて計算している。



ワンポイントアドバイス

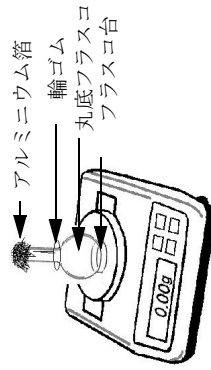
上の計算からもわかるとおり，本実験では軽量のものしか浮かすことができないので，特にゴミ袋はポリエチレン製の極薄のものを使用する。

【目的】気体の状態方程式を用いて、四塩化炭素(揮発性物質)の分子量を求める。

【準備】器具：丸底フラスコ(200mL)、ビーカー(500mL)、メスシリンダー(300mL)、電子てんびん、アルミニウム箔、輪ゴム、温度計、沸騰石、気圧計、ガスバーナー、スタンド、三脚、金網
薬品：四塩化炭素 CCl_4 (有毒なので注意)

【実験】

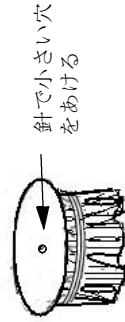
(1) 容器の質量 $W_1(\text{g})$ を測定する。



(乾いた丸底フラスコ + アルミニウム箔 + 輪ゴムの質量を測定する。)

$W_1 =$ _____ g

(2) 四塩化炭素 3 mL をフラスコの中に入れてアルミニウム箔でふたをし、輪ゴムをおさえる。アルミニウム箔に針で小さい穴を 1 カ所開ける。



(3) フラスコを図のように煮沸している湯の中に浸し、四塩化炭素を気化させる。このときの水温 ($^{\circ}\text{C}$) と大気圧 (Pa) を測定する。

注：①フラスコと温度計がビーカーの底に触れないようにする
②温度計を手にとって測定する。

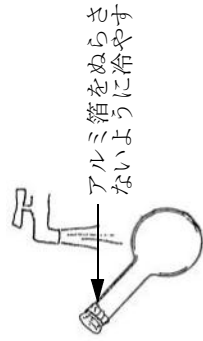
湯の温度 $t =$ _____ $^{\circ}\text{C}$

大気圧 $P =$ _____ hPa

$=$ _____ Pa

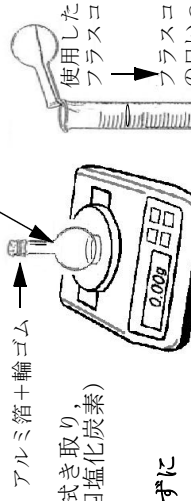
(4) 四塩化炭素が全部気化したことを確認したら、フラスコを引き上げ水道水をかけ冷却する。

注：このときアルミ箔の部分をぬらさないこと



水滴を拭き取ったフラスコ

(5) 容器全体の質量 $W_2(\text{g})$ を測定する。



フラスコについた水滴を布などで充分に拭き取り、(フラスコ + アルミニウム箔 + 輪ゴム + 四塩化炭素)の質量を測定する。

注：輪ゴムが切れてしまった場合も捨てずに測定する

$W_2 =$ _____ g

(6) フラスコの体積 $v(\text{mL})$ を測定する。

使用したフラスコをよく洗い、フラスコの口いっぱいまで水を入れ、メスシリンダーに移し、体積を測定する。

$v =$ _____ mL

フラスコ内の CCl_4 は回収する

【考察】

[1] (2) の段階で四塩化炭素の質量を測定しなくてもよいのはなぜか。

[2] フラスコ内で四塩化炭素が完全に気化したとき、フラスコ内の圧力は何 Pa とみてよいか。

[3] (1), (5) より求めた ($W_2 - W_1$) は何の質量を示すか。

[4] 四塩化炭素の分子量を M として、次の気体の状態方程式を用いて分子量を求めよ。
気体の質量 w [g]・絶対温度 T [K]・体積 V [L]・圧力 P [Pa]
気体定数 $R = 8.3 \times 10^3$ [Pa・L/(K・mol)]

$$PV = \frac{w}{M} RT \quad \text{or} \quad P \times \frac{V}{1000} = \frac{W_2 - W_1}{M} \times 8.31 \times 10^3 \times (t + 273)$$

[5] 考察 [4] で求めた分子量を分子式から求めた分子量と比較して、その誤差 (%) を求めよ。(C=12.0, Cl=35.5)

気体の分子量

I 準備における留意事項

1 使用器具

200 ～ 300mL 丸底フラスコ，300 ～ 500mL メスシリンダー，500mL ～ 1 L ビーカー，温度計
ガスバーナー，スタンド，金網，アルミホイル箔，輪ゴム，針，電子天秤，気圧計
※気圧計には，アネロイド型気圧計，水銀気圧計，デジタル気圧計等がある。

2 使用する試薬等

四塩化炭素 (CCl ₄)	
性質	・無色の液体で，特有の臭気があり，蒸気は空気より重い。 ・融点 - 23℃，沸点 76.5℃，比重 1.6
保管	・日光，熱を避け涼しい場所に保管する。 ・化学的に活性な金属から離しておく。
毒性 危険性	・有毒，皮膚に対する刺激性がある。 ・加熱すると分解しホスゲンの毒性の高いガスを発する。
廃棄	・廃棄物処理業者に委託する。
注意	・不燃性だが，金属元素と接触すると爆発的に反応する。 ・保護手袋，保護めがねを使用する。

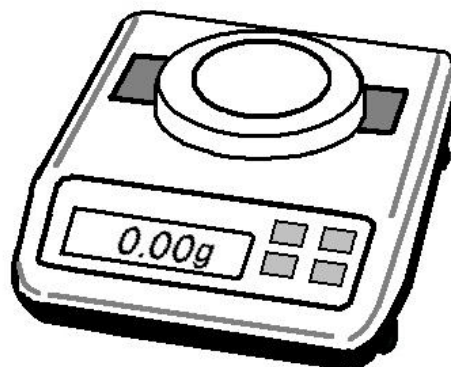
沸騰石／価格目安 4,800 円 (500g)

3 試薬の扱い

- ① 四塩化炭素の配付は，実験開始時に丸底フラスコを教卓まで持参させ，教師が駒込ピペットで分取する。この際必ず保護手袋をして皮膚などにつかないように注意する。
- ② 丸底フラスコ等は十分に乾燥しておく必要がある。余分な器具がない場合，複数クラスが連続して実験するのは難しい。

4 一般的な電子天秤の使い方

- ① 電源スイッチを ON にする。
- ② 無負荷の状態では指示値がゼロであることを確認する。重量表示が 0 になっていなければ，ゼロ点調節（ゼロ・リセットボタンを押す）して表示を 0 にする。
- ③ 試料を秤とるための薬包紙あるいはビーカーなどを乗せ，ゼロ点調節（ゼロ・リセットボタンを押す）して表示を 0 にする。
※この操作を風袋引き（ふうたいびき）という。
- ④ 薬さじで試薬を取り，少量ずつ目的の重さになるまで落下させ計量する。



5 本実験での電子天秤の使い方

- ① 電源スイッチを ON にする。
- ② 無負荷の状態では指示値がゼロであることを確認する。重量表示が 0 になっていなければ，ゼロ・リセットボタンを押して表示を 0 にする。
- ③ 丸底フラスコ，輪ゴム，アルミホイルを載せ，秤量する。

Ⅱ 実施上の留意事項

1 参考事項

- ・四塩化炭素は有毒なため、代替品として、蒸気密度が空気より大きく、沸点が恒温槽より低い液体物質、例えばエタノールなどを使用することもできるが、精度を出しにくく引火しやすいので避けた方が無難である。
- ・加熱中に丸底フラスコが浮力により浮き上がる等、加熱中の対応はやけどの危険があるため十分注意する。
- ・300ml の丸底フラスコに四塩化炭素は 2.0ml 程度でよく、入れすぎないようにする。

※必要量のおよその計算

$$p=1.013 \times 10^5 \text{ Pa}, T=100+273\text{K}, R=8.31 \times 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{L}/\text{mol}\cdot\text{K}$$

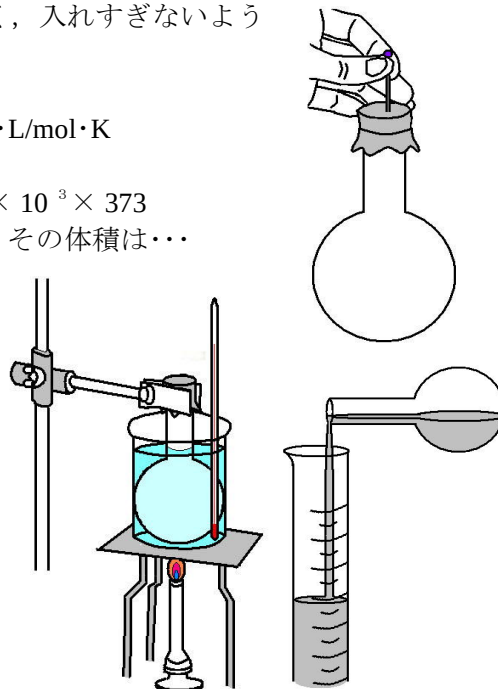
M=154 として状態方程式より

$$w = pV M / RT = 1.013 \times 10^5 \times 0.3 \times 154 / 8.31 \times 10^{-3} \times 373$$

$$= 1.51\text{g} \quad \text{四塩化炭素の密度を } 1.6(\text{g}/\text{ml}) \text{ とすると, その体積は}\cdots$$

$$\therefore 1.51 / 1.6 = 0.95\text{ml}$$

- ・アルミ箔に開ける穴の大きさや冷却方法等はあまり気にする必要はない。
- ・加熱中、丸底フラスコを沸騰水から出したり入れたりしない。
- ・実験中の換気には十分配慮する。



2 ワンポイントアドバイス

- ・実験時間を十分確保できないときは、実験開始時の電子天秤での秤量を班毎に行っていると時間が足りなくなるので、教師が事前に測定しておき、ポストイットなどに記載しておくといい。このとき、見かけは同じでも、器具毎に質量が大きく異なるので、秤量後は器具の組み合わせを変えないように注意する。
- ・凝縮した四塩化炭素の、質量の誤差が最も結果に影響を及ぼすので、四塩化炭素がすべて気体になったかどうかの判断が重要である。
- ・気化した蒸気の密度は、空気より重いので、始めに丸底フラスコを満たしていた空気は下から押し上げられほぼ完全に追い出される。やがて、余分な液体試料も追い出され容器内を蒸気だけが満たし、大気圧と釣り合うことになる。

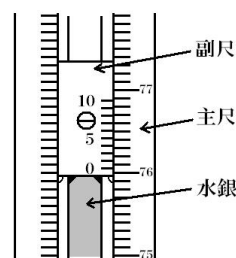
3 水銀気圧計の読み方

例えば、気圧計の副尺（右図参照）のゼロが 759 と 760 の間にあれば、とりあえず「759mmHg」と読む。次に副尺の目盛と主尺の目盛が一致するところを探す。例えば副尺の 7 の目盛が主尺の目盛と合致しているとする、

「0.7mmHg」と読む。

結果的にこの日の気圧は「759.7mmHg」になる。

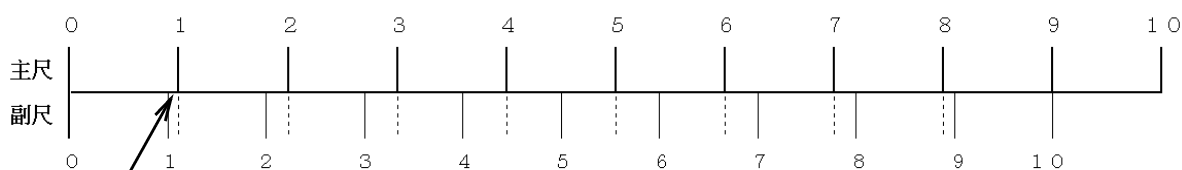
器具補正等は特に考慮しなくても良い。



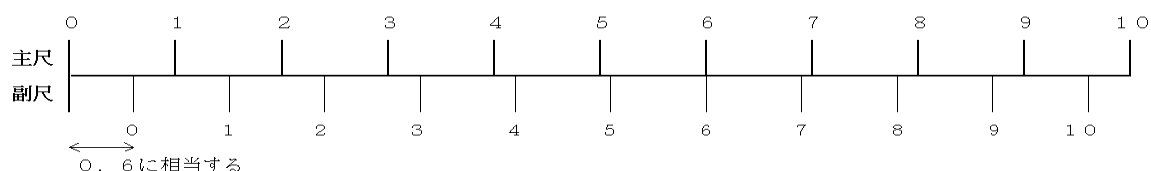
※補足・・・「副尺」について

例えば、1mm 刻みのスケール（下図の主尺）があるとし、このスケールの 9 目盛分（9mm 分）を 10 等分した（1 目盛が 0.9mm）スケール（下図の副尺）があるとする。

このとき、本尺の目盛 0 と副尺の目盛 0 を合わせると、本尺の 1 目盛目と副尺の 1 目盛目との



間には、0.1mm ずつのずれ ($1.0\text{mm} - 0.9\text{mm} = 0.1\text{mm}$) があることになる。



例えば、上図のように主尺の 6 と副尺の 6 が一致しているとする、1 目盛りあたり、副尺の方が、0.1mm 短いので、本尺の目盛 0 と副尺の目盛 0 の間に隙間が 0.6mm できている。結果的に、副尺 0 が示す主尺 0 ～ 1 の間の正確な位置を知ることができる。

4 危機対応

(1) 火傷

火傷した場合その部分を多量の水道水、冷水、氷水で痛みを感じなくなるまで十分冷やし、医療機関に連絡し指示を受ける。

(2) 四塩化炭素

吸入等によるめまい、嗜眠（しみん）、頭痛、吐き気などの症状に対しては、傷病者を新鮮な空気の所に移し、安静に待機させ、窮屈な衣服部分を緩める。接触による発赤、痛み等の場合は、汚染された衣服を脱がせ、接触部位を水洗浄する。眼に入った場合は、10 ～ 15 分間水で洗浄する。いずれの場合も、医療機関に連絡し指示を受ける。

※実験・実習中に事故が発生し人身に被害が生じた場合、まず被災者を救出し、さらに応急処置を施して医師の診療を受けさせる。また、災害の拡大を防止する処置をとる。

5 各実験の進め方の注意

実験（1）・・・乾いた丸底フラスコ+アルミニウム箔+輪ゴム

例えば 容器の質量 $W_1(g) = 73.31 \text{ g}$ とする。

実験（2） アルミニウム箔に小さい穴を空けないとフラスコ内の圧力が高くなり、余分な CCl_4 が逃げ場が無くなり膨張して危険になる。

実験（3） 例えば 湯の温度 $t = 97.5^\circ\text{C}$ とする。

大気圧 $P = 914.5\text{hPa} (= 914.5 \times 10^2 = 9.145 \times 10^4 \text{ Pa})$ とする。

- ・フラスコを加熱するとき大きなクランプでしっかり固定することが大切。
(細いクランプで固定すると圧力で外れてしまうことがあるので要注意)
- ・フラスコと温度計がビーカーの底に触れないこと。
- ・フラスコ、温度計、ビーカーのバランスがぎりぎりの時には、温度計が抜けなくなるので深く差し込まないこと。(または大きなビーカーを使用する。)

1 気圧(atm) = 1013 hPa(ヘクトパスカル) = 760mmHg, CCl_4 の沸点 = 76.68°C

実験（4） 反応が終わり水で冷やすとき、アルミニウム箔に水をかけないように気をつける。水が付いたときには、ガーゼでよく拭き取る。➡ 質量がデータに大きく影響するため。

実験（5）・・・乾いた丸底フラスコ+アルミニウム箔+輪ゴム+四塩化炭素

例えば 容器全体の質量 $W_2(g) = 74.55 \text{ g}$ とする。

この時よく輪ゴムが切れてしまうことがあるが捨てずに測定すること。

実験（6） フラスコの体積 $v \text{ (mL)}$ を測定する（フラスコにいっぱい水を入れるがメスシリンダーに移すときこぼさないように気をつける）。

例えば $v = 247 \text{ mL}$

※フラスコ内の四塩化炭素は回収する。

6 実験書の考察の解答

(1) (2) の段階で四塩化炭素の質量を測定しなくてもよいのはなぜか。

沸騰水中で液体試料が気化し余分な試料（気圧・温度が一定になると加熱を続けてもフラスコ内の CCl_4 の気体も一定になる。）はフラスコ外へ出てしまうので最初に入れた試料の質量は意味を持たない。

- (2) フラスコ内で四塩化炭素が完全に気化したとき、フラスコ内の圧力は何 Pa と見てよいか。
 外の気圧と同じ（穴が空いていないとフラスコ内の気圧は大になる）。
- (3) (1) (5) より求めた ($W_2 - W_1$) は何の質量を示すか。
 フラスコ内に蒸気となって満たした液体試料の質量
 例えば $W_2 - W_1 = 1.24 \text{ g}$ （質量の値が大きいと誤差が大きくなる）
- (4) 四塩化炭素の分子量を M として、気体の状態方程式を用いて分子量を求める。

$$PV = \frac{W}{M}RT \quad \text{より} \quad P \times \frac{V}{1000} = \frac{W_2 - W_1}{M} \times 8.31 \times 10^3 \times (t + 273)$$

上の値を代入すると、

$$9.145 \times 10^4 \times \frac{247}{1000} = \frac{1.24}{M} \times 8.31 \times 10^3 \times 370.5$$

$$M = \frac{1000 \times 1.24 \times 8.31 \times 10^3 \times 370.5}{9.145 \times 10^4 \times 247} = \underline{169}$$

- (5) 考察 [4] で求めた分子量を分子式から求めた分子量と比較して、その誤差(%)を求める。
 (C=12.0, Cl=35.5) $\text{CCl}_4 = 12 + (35.5 \times 4) = 154$ (理論値)
 上の例をあてはめると、

$$\frac{\text{実験値} - \text{理論値}}{\text{理論値}} \times 100 = \frac{169 - 154}{154} \times 100 = \underline{9.7\%}$$

III 実施後の留意事項

不要になった四塩化炭素は、廃棄物処理業者に委託する。

IV その他

1 参考

四塩化炭素を使わず、比較的簡易な分子量測定として以下の手順も有効である。

- ①ブタンガスボンベの質量を測る。
- ②メスシリンダーで一定量水上捕集し、体積を量る。
- ③温度から水蒸気圧を求める。
- ④減ったブタンガスボンベの質量を量る。
- ⑤①と④の差を、メスシリンダーに入ったブタンガスの質量とする。
- ⑥ブタンの分圧から、状態方程式を用いて分子量を求める。

※混合気体等の学習を済ませておく必要がある。

2 おまけのQ & A

Q 丸底フラスコに四塩化炭素を入れた時点で質量を測らなくて良いのはなぜ？

A 加熱によりフラスコ内が 100 °C になったとき、余分な四塩化炭素は追い出される。蒸気としてフラスコを満たした四塩化炭素の量がわかれば、その時点で状態方程式を適用するため、最初に秤量しても何の意味もない。

Q 四塩化炭素が全部蒸発したのを確認したら、しばらく待つのはなぜか？

A 蒸気になった四塩化炭素により、フラスコ内の圧力が高くなっているため、大気圧と釣り合うまで待つため。

Q 湯からフラスコを出した後、秤量前に室温まで冷やす理由は？

A 蒸気としてフラスコを満たしていた四塩化炭素を凝縮させるとともに、秤量時の誤差を減らすため。

Q 沸騰時に 100 °C まで温度が上がらないのはなぜか？

A 主たる要因は、温度計の測定部分が液外に出ているため、正確な温度測定ができないこと。

【目的】水酸化鉄(Ⅲ)コロイド溶液をつくり、その性質を調べる。

【準備】器具：100mL ビーカー、試験管、セロハン、駒込ピペット、ガスバーナー、金網、三脚、ピンセット、ガラス棒、青リトマス紙、(レーザー光源装置)

薬品：飽和塩化鉄(Ⅲ) FeCl_3 水溶液、0.1mol/L 硝酸銀 AgNO_3 水溶液、0.1mol/L 塩化ナトリウム NaCl 水溶液、0.05mol/L 硫酸ナトリウム Na_2SO_4 水溶液、1%ゼラチン溶液、純水(硫酸銅 CuSO_4 水溶液)

【実験】

1 水酸化鉄(Ⅲ) $\text{Fe}(\text{OH})_3$ コロイドの生成

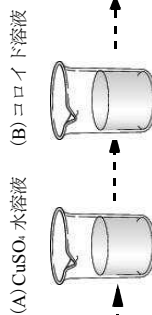
①ビーカーに純水 50mL をとり、②沸騰したら FeCl_3 を 1mL 加え、攪拌する。
沸騰させる。



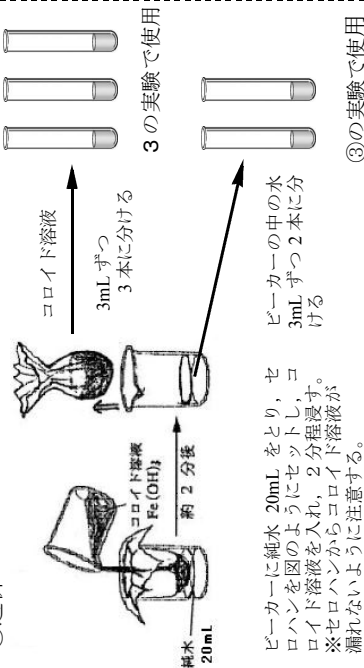
2 コロイド溶液の性質

①チンダル現象

CuSO_4 水溶液とコロイド溶液にレーザー光線をあてる。



②透析



ビーカーに純水 20mL をとり、セロハンを図のようにセットし、コロイド溶液を入れ、2分程浸す。
※セロハンからコロイド溶液が漏れないように注意する。

③の実験で使用

③透析した水(ビーカーの中の水)について調べる。

(C) Cl^- の検出

AgNO_3 水溶液

数滴

(D) H^+ の検出

青リトマス紙

透過した水 3mL

3 凝析と保護作用

※透析したコロイド溶液＝セロハンの中の溶液

①2で透析したコロイド溶液、②ゼラチンを加えたものに電解質を加える。

(A) NaCl 水溶液 (B) Na_2SO_4 水溶液

2mL

コロイド溶液 3mL

(C) ゼラチン溶液

1mL

コロイド溶液 3mL

Na_2SO_4 水溶液

2mL

注意

ガラス棒でよく混ぜる

コロイド溶液 3mL

【注意】よく振り混ぜた後、静置する。

【考察】

1 実験1における変化を化学反応式で示せ。

2 実験2－①において、Bの場合だけ光の通路が明るく輝いて見えるのはなぜか。

3 実験2－③からどのようなことがいえるか。

4 実験3からどのようなことがいえるか。

電気泳動

一極 + 極



デンプン溶液 (ヨウ素液含) は (正・負) のコロイドです

コロイド溶液

I 準備における留意事項

1 使用器具

100mL ビーカー，試験管，セロハン，駒込ピペット，ガスバーナー，金網，三脚，ピンセット，ガラス棒，青リトマス紙，レーザー光源装置（教卓の上に1台用意）

2 使用する試薬等

飽和塩化鉄(Ⅲ) FeCl_3 水溶液

0.1mol/L 硝酸銀 AgNO_3 水溶液

0.1mol/L 塩化ナトリウム NaCl 水溶液

0.05mol/L 硫酸ナトリウム Na_2SO_4 水溶液

1%ゼラチン溶液，純水

硫酸銅 CuSO_4 水溶液・・・0.1mol/L ぐらいでよい。（レーザー光源装置と一緒に）

塩化鉄（Ⅲ）（ FeCl_3 ）	
性質	・黒褐色の固体，透過光で紫赤色，反射光で暗緑色の六方晶系の潮解性結晶。 ・外観的特徴は吸湿性，金属腐食性がある。 ・水と接触すると分解し，塩化水素を生じる。 ・水溶液は中程度の強さの酸である。
管理	・乾燥，密封。
毒性	・腐食性あり。 ・眼，皮膚，粘膜を刺激する。
廃棄	・廃棄物処理業者に委託する。
注意	・保護手袋，保護めがねを使用する。 ・環境中に放出してはいけない。 ・水生生物に対して毒性がある。

硝酸銀（ AgNO_3 ）【劇物】【危：第一類】	
性質	・無臭，無色の透明または白色の結晶。 ・腐食性，強力な酸化剤。
保管	・可燃性物質，還元性物質から離す。 ・暗所に密封保管する。
毒性 危険性	・有毒であり，皮膚や粘膜を腐食する。 ・目に粉末や濃い溶液が入ると粘膜に激しい炎症を起こす。 ・皮膚に付着すると銀が析出して黒くなる。
廃棄	・廃棄物処理業者に委託する（危険性，有害性を充分告知の上処理を委託）。
注意	・可燃物と接触して加熱を受ければ発火爆発を起こすおそれ。 ・光分解性・・・純粋であれば光化学反応を起こさない。 ・熱分解性・・・445℃に赤熱すると分解して銀を遊離する。

3 試薬の調整

(1) 飽和塩化鉄(Ⅲ) FeCl_3 水溶液

純水に過剰の塩化鉄(Ⅲ)を加えてよく溶かし、上澄み液をとる。(溶解度 92g/100mL 水)

(2) 0.1mol/L 硝酸銀 AgNO_3 水溶液

硝酸銀 16.98g を純水に溶かして 1L にする。

(3) 0.1mol/L 塩化ナトリウム NaCl 水溶液

塩化ナトリウム 5.84g を純水に溶かして 1L にする。

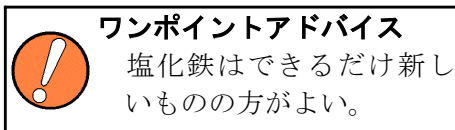
(4) 0.05mol/L 硫酸ナトリウム Na_2SO_4 水溶液

硫酸ナトリウム 7.10g を純水に溶かして 1L にする。

(5) 1%ゼラチン溶液

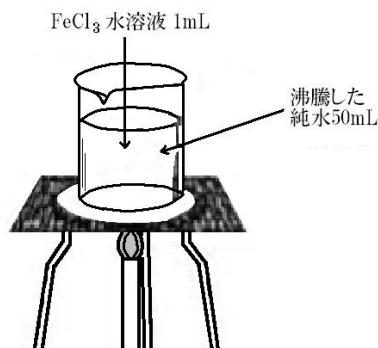
ゼラチン 1g をはかり、これを純水 99g (99mL) に溶かす。

作り方はゼラチンを最初少量の純水に浸しておき、その後純水を加え加熱しながらよくかき混ぜ、透明にする。加熱するのに電子レンジを利用すると便利である。



II 実施上の留意事項

1 水酸化鉄(Ⅲ)コロイドの生成について



- ・ビーカーの純水はよく沸騰させること。
- ・ FeCl_3 水溶液は新しい試薬で新しく作ったものを使用。
- ・ FeCl_3 水溶液はよくかき混ぜながら少しずつ加える。
コロイド溶液の色は赤褐色。 FeCl_3 水溶液を加えすぎたり、純水の温度が低すぎたり、高すぎたりすると茶褐色に濁る。これは、失敗でコロイド粒子より大きくなったため。
- ・ FeCl_3 水溶液を加え終わったら、バーナーの火を消してさます。火傷に注意!

2 コロイド溶液の性質について

(1) チンダル現象について

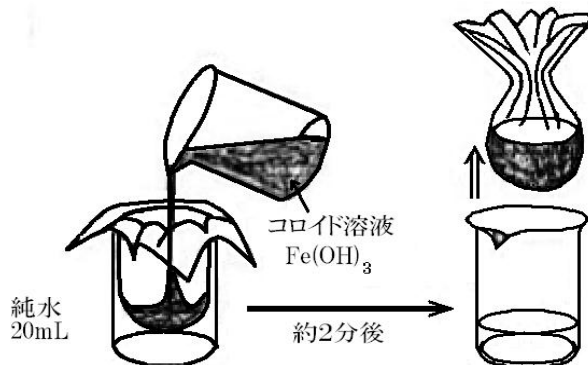
- ・レーザー光源装置の光は直接目に入れないようにする。

(2) 透析の方法について

- ・水道水を使うと凝析してしまうので、純水を使用すること。
- ・透析を行う時は、セロハン紙またはセルロースチューブなどの半透膜を使用。使用前に純水につけておくと使いやすい。

<参考>セルロースチューブ

大きさ 直径 23.8mm × 15m, 平面巾 37mm 8,400 円



(3) 透析した水について

- ・塩素イオンの検出で硝酸銀水溶液を使用するが、手や衣服につけないこと。もし、ついた場合は早く水道水でしっかり洗う。しばらくして、手や衣類に黒色のシミができるが、手については数日間とれるが、衣服は落ちない。
- ・リトマス紙の使い方
リトマス紙は手でちぎって使うもの以外はピンセットで挟んで使う。
リトマス紙は試験紙の端を直接溶液につけるか、またはガラス棒で溶液をつける。ガラス棒でつける場合は、紙などの上にリトマス紙を置いて行くとやりやすい。
赤色リトマス紙が青くなる→アルカリ性、青色リトマス紙が赤くなる→酸性
使用後は容器のふたを密閉して、熱や湿気をさけて直射日光の当たらないところに保存する。
<補足> H^+ の検出にはリトマス紙のかわりに BTB (プロモチモールブルー) 溶液を使用してもよい。溶液は黄色になり酸性を示す。溶液は 100mL 1,540 円で市販されている。

3 凝析と保護作用について

- ・この実験で使用する溶液はセロハン中の溶液（透析したコロイド溶液）であること。
- ・1滴ごとにふり混ぜること。とくに、ゼラチン溶液を加えた後はガラス棒を使い、よく混ぜる。
＜補足＞ゼラチン溶液のかわりに 1%デンプン水溶液でもよい

4 危機対応

(1) 火傷

火傷した場合その部分を多量の水道水、冷水、氷水で痛みを感じなくなるまで十分冷やす。
火傷の状態により、医療機関に連絡し指示を受ける。

(2) 硝酸銀

手についた場合は早く水道水でしっかり洗う。しばらくして、手に黒色のシミができるが、数日間とれることを生徒に説明しておく。

III 実施後の留意事項

- ・溶液はすべて回収し、廃棄物処理業者に委託処理をお願いする。
- ・燃えるゴミ（セロハン、リトマス試験紙）はゴミ箱に捨てる。

実験・実習中に事故が発生し人身に被害が生じた場合、まず被災者を救出し、さらに応急処置を施して医師の診療を受けさせる。また、災害の拡大を防止する処置をとる。

IV その他

1 実験原理

(1) 水酸化鉄（Ⅲ）コロイドの生成について

溶液の色 赤褐色、透明



コロイドとは、コロイド粒子（直径が $10^9 \sim 10^7 \text{m}$ 程度の大きさ）が均一に分散している状態をいい、コロイド粒子が沈殿しないで溶媒の中に混ざっている溶液をコロイド溶液またはゾルという。

【粒子の大きさと溶液の種類】

粒子の大きさ（直径）	10^9m 以上	$10^9 \sim 10^7 \text{m}$ 程度
粒子の種類	分子・原子	コロイド粒子
溶液の種類	真の溶液	コロイド溶液

(2) コロイド溶液の性質について

①チンダル現象

(A) CuSO_4 水溶液・・・光の通路がみえない (B) コロイド溶液・・・光の通路がみえる
コロイド溶液に横からレーザー光線などの強い光を当てると光の通路が明るく輝いて見える。
この現象をチンダル現象という。これはコロイド粒子が大きく、その表面で光がよく散乱されるためである。それに対し真の溶液（ CuSO_4 水溶液）では溶質粒子がずっと小さいため、光はほとんど散乱されない。

②透析

半透膜（ここではセロハン）を用いてコロイド粒子以外の小さなイオンや分子を取り除く操作を透析という。これは、腎臓病患者の血液透析に応用されている。

③透析した水について

(A) AgNO_3 との反応・・・白濁（ Cl^- の検出）

(B) 青リトマス紙の変化・・・赤くなる（ H^+ の検出）

半透膜なセロハンではコロイド粒子は通過できず、 Cl^- や H^+ などの小さいイオンは通過することができる。

(3) 凝析と保護作用について

①コロイド溶液に電解質を加えた時の変化

(A) NaCl 水溶液との反応・・・沈殿が生じない

(B) Na_2SO_4 水溶液との反応・・・沈殿が生じる（凝析）

電荷の反発で疎水性のコロイド粒子が分散しているコロイドを疎水コロイドという。これに少量の電解質を加えるとコロイド粒子の電荷が中和され、コロイド粒子が集まって沈殿する。この現象を凝析という。なお、凝析力はコロイド粒子と反対符号のイオンの価数に比例する以上に価数の効果が大きい。これは凝析が単に疎水コロイドの電荷の中和によるのではないためである。

②ゼラチンを加えたものに電解質を加えた時の変化

(C) コロイド溶液とゼラチン溶液の反応・・・変化なし

ゼラチン溶液を加え、さらに Na_2SO_4 水溶液を加えた時・・・変化なし

ゼラチン溶液など少量の電解質を加えても凝析を起こさないコロイドを親水コロイドという。疎水コロイドに親水コロイドを加えると、疎水コロイドのまわりに親水コロイドがつき、凝析しにくくなる。このような作用をする親水コロイドを保護コロイドという。

(4) 塩析について

親水コロイドは少量の電解質では凝析を起こさないが、多量の電解質を加えると表面の水分子が取り除かれて沈殿が生じる。このような現象を塩析という。

例 セッケン (NaCl) 豆腐 (MgCl_2)

2 おまけのQ & A

Q 身近なものでコロイドの例は？

A

		分散質		
		固体	液体	気体
分散媒	固体	色ガラス, クレヨン	ゼリー, バター	スポンジ, マシュマロ
	液体	墨汁, 泥水	牛乳 (乳濁液)	泡
	気体	煙, 埃	雲, 霧	(なし)

Q 電気泳動とは？

A コロイド溶液に直流電圧をかけると、コロイド粒子が陰極または陽極の方向に移動する。この現象を電気泳動という。これは、コロイド粒子が正または負に電荷を帯びているために起こる。

実験室で時間内に見せるのには、ヨウ素デンプン反応を起こしたものを電気泳動に使用するとわかりやすい。(デンプンは負電荷を帯びているコロイド粒子)

Q コロイドが帯電するのはなぜか？

A コロイド粒子の電離や溶液中のイオンの吸着などによる。

水酸化鉄のコロイドが正に帯電するのは、水酸化物イオンが部分解離して $\text{Fe}(\text{OH})_2^+$ ができたり、過剰の Fe^{2+} を選択吸着することなどが考えられる。

Q 塩化鉄 (Ⅲ) 溶液は熱水でなければならないのか？

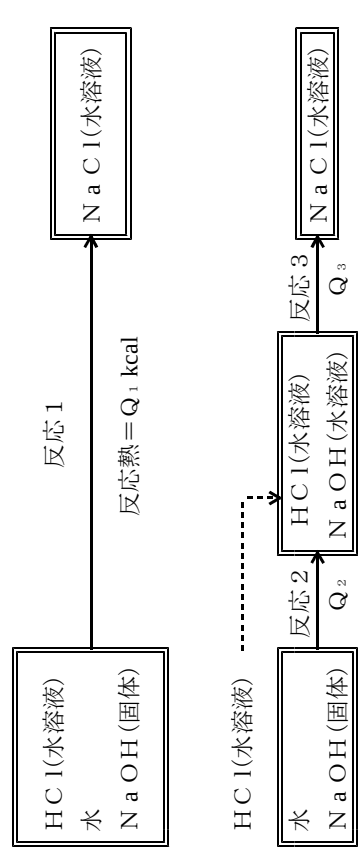
A 塩化鉄 (Ⅲ) の加水分解反応 ($\text{FeCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{HCl}$) の反応速度が、高温では極めて速くなるため、 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ の沈殿が十分な大きさに成長せず、コロイド粒子になる。

【目 的】 反応物と生成物が同一であれば、反応にともなって出入りする熱量の和が、確かに一致するかを、中和反応により確かめる。

【試 薬】 水酸化ナトリウム (固体)，1mol/L 塩酸，1mol/L 水酸化ナトリウム水溶液

【器 具】 保温カップ，温度計，メスシリンダー

【考え方】 反 応 物 生 成 物



【実 験】

＜初めに＞
ビーカー内の 3 つの液体（塩酸、水酸化ナトリウム水溶液、水）の温度を測定する。

HCl () °C
 NaOH () °C
 水 () °C

＜反応 1＞

- 1 保温カップに 50mL の塩酸を入れ，50mL の水を加え数回かき混ぜる。
 - 2 その後，この溶液に固体の水酸化ナトリウム 2g を入れ溶かす。
 - 3 完全に溶解した後，液温を測定する。 () °C
- * 液温は何度上昇したか？ () °C

- ＜反応 2＞
- 1 保温カップに 50mL の水を入れ、固体の水酸化ナトリウム 2 g を入れて溶かす。
 - 2 完全に溶けた後，液温を測定する。 () °C
- * 液温は何度上昇したか？ () °C
- ＜反応 3＞
- 1 保温カップに 50mL の塩酸を入れ，50mL の水酸化ナトリウム水溶液を加え数回かき混ぜる。
 - 2 液温を測定する。 () °C
- * 液温は何度上昇したか？ () °C

【まとめ】
水・塩酸，水酸化ナトリウム・塩化ナトリウムの水溶液の密度を 1 g/cm³ とし，各溶液の比熱を 4.18 J/g・K として，実験結果に基づき次について考えよ。

＜計算方法＞ 例:50mL (50g) の液体の温度が 8 °C 上がった場合に発生する熱量
 $50 \times 8 \times 4.18 = 1.67 \times 10^3 \text{ (J)}$

- 1 反応 1 で発生した熱量は何 J か？
- 2 反応 2 で発生した熱量は何 J か？
- 3 反応 3 で発生した熱量は何 J か？

【考 察】

- 1 反応 1 ～ 3 を熱化学方程式で示せ。

＜今回の実験では，HCl，NaOH 共に 0.05mol 反応させている＞

- 2 実験の結果より、ヘスの法則が成り立つかどうか説明せよ。

ヘスの法則

I 準備における留意事項

1 使用器具

ビーカー，発泡ポリエチレン製コップ(サーモカップまたは保温カップ) (3 個)，
温度計 (2 本・あればデジタル温度計がよい)，メスシリンダー (3 本)，
水酸化ナトリウム(固体)，1 mol/L 塩酸，1 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液

2 使用する試薬等

水酸化ナトリウム (NaOH) 【劇物】	
性質	・ 白色粒状で無臭，潮解性がある。 ・ 不燃性だが，湿気や水に接触すると，可燃性物質の発火に十分な熱を発生する。 ・ 強塩基であり，酸と激しく反応する。 ・ 湿った空气中で亜鉛，アルミニウム，スズ，鉛などの金属を腐食する。
保管	・ 乾燥，密封，耐腐食性のコンクリートの床のある場所に貯蔵する。 ・ 常温でポリ容器に保管し，容器は密閉する。 ・ 水溶液をガラス容器に入れた場合は栓はゴム栓やシリコン栓を使用する。
毒性 危険性	・ 皮膚に触れると皮膚を激しく侵し，目に入ると失明のおそれがある。 ・ 濃厚液を飲めば口内，食道，胃などの粘膜が侵され危険。 ・ 固体でも液体でも体の組織に対して強い腐食性を示す。
廃棄	・ 水に溶解して希薄水溶液とし，酸で中和させた後，多量の水で希釈処理する。 ・ 廃棄物処理業者に委託する。
注意	・ 皮膚に付着した場合は多量の水で洗い流す。 ・ 目に入った場合は清潔な水で十分洗浄し，眼科医の処置を受ける。 ・ 身体とのあらゆる接触を避ける。 ・ 保護手袋，保護めがねを使用する。

塩酸 (HCl) 【劇物】	
性質	・ 強酸であり，塩基と激しく反応し，腐食性を示す。 ・ 酸化剤と激しく反応し，有毒なガス(塩素)を生成する。 ・ 多くの金属を侵し，塩化物と水素ガス(可燃性の気体)を生成する。
保管	・ 塩基，酸化剤(特に硝酸，塩素酸塩)，可燃物，硫化物などから離して貯蔵する。 ・ 直射日光を避け，40℃以下に保ち，換気のよい場所に保管する。
毒性 危険性	・ 眼，皮膚，気道に対して刺激性を有する。 ・ 強酸性で，金属と反応して発生した水素と空気が混合して，爆発性気体を生ずる。
廃棄	・ 水に溶解して希薄水溶液とし，アルカリで中和させた後多量の水で希釈処理する。 ・ 廃棄物処理業者に委託する。
注意	・ 皮膚に付着した場合は多量の水で洗い流す。 ・ 目に入った場合は清潔な水で十分洗浄し，眼科医の処置を受ける。 ・ 保護手袋，保護衣，保護めがねを使用する。

3 試薬の調整

(1) 1mol/L水酸化ナトリウム水溶液

純水 400mL に 20 g の水酸化ナトリウム(固体)をはかり入れてガラス棒でよくかき混ぜる(図 1)。マグネチックスターラーを使用しても良い(図 2)。



図 1

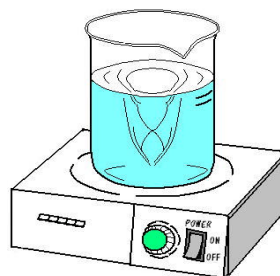


図 2

更に、純水を加え全体を 500mL にする。



- a 保護メガネと保護手袋を使用する。またビーカーの上に顔を近づけない。換気に気をつける。水酸化ナトリウムが皮膚に付かないようにする。付いたときは、すぐに水でよく洗う。
- b 水酸化ナトリウム水溶液に水を注がない。溶解または希釈する時は必ず水中に水酸化ナトリウムを徐々に加えること。濃度の濃いものを作るときはビーカーを冷やしながら行うとよい。
- c 水溶液をガラスビンに保存する場合は必ずゴム栓を使う。

(2) 1mol/L塩酸

市販の濃塩酸 (12 mol/L) を水で薄めて 12 倍の体積にする。

純水 500mL に、50mL の濃塩酸をガラス棒で静かにかき混ぜながら徐々に加えてうすめる。更に純水を加えて、全体を 600mL にする。



- a 必ず純水の中に塩酸を入れる。
- b 塩酸の栓をゆるめる時は蒸気がかがないように注意し、徐々に栓をゆるめる。
- c 換気に気をつける。塩酸が皮膚に付かないように注意する。付いたときは、すぐに水でよく洗う。



ワンポイントアドバイス

1mol/L-HCl, 1mol/L-NaOH, 純水は、温度を一定にするため前日に用意する。

II 実施上の留意事項

1 試薬の配布について

- (1) 使用する試薬を生徒に配布する場合、塩酸と水酸化ナトリウム溶液、純水はあらかじめ、ビーカーに取り分け、生徒が区別できるように配慮する(色分けやラベルなど)。
- (2) 水酸化ナトリウムの固体は潮解性があり、すぐにべとつくので、使う直前に持ちにこさせる。その際、手に直接触れないように注意する。



電子天秤をいくつか用意し薬包皿や時計皿を使うとよい。

秤量皿→ 薬包皿ともいう。

S・M・Lとあり 500 枚で 4,000 円～ 10,000 円前後

2 手順

- (1) 最初に配布された 3 つ液体 (塩酸、水酸化ナトリウム、水) の温度を測定する。
1mol/L 塩酸、1mol/L 水酸化ナトリウム溶液、純水については、温度を一定にするため前日より用意しておく。用意しておいた場合にはどれか 1 つの液温を測定すればよい。



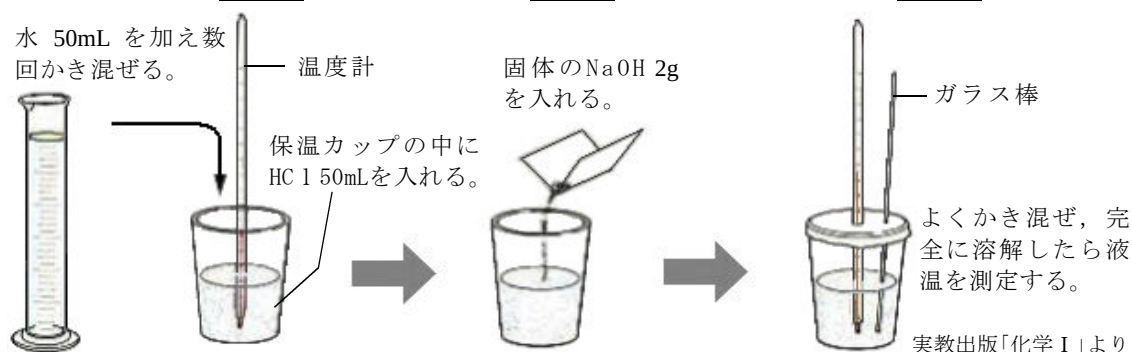
比熱とは……

比熱とは、1(g)の物質の温度を 1(K または $^{\circ}\text{C}$)だけ上昇させるのに必要な熱量のことをいい、単位は(J/g $\cdot$ K)である。比熱が大きい物質は、温度上昇に大きな熱を必要とし、温まりにくいといえることができる。一方、冷める場合には比熱と同じ熱を放出するので、比熱が大きい物質は冷めにくいといえることができる。

水の比熱は 4.18J/g $\cdot$ K であり、一般に溶液の場合にはこれとは異なる値になる。しかし、本実験においては、水も水酸化ナトリウムなどの水溶液も、すべてその比熱を 4.18J/g $\cdot$ K とする。

(2) 反応 1 水酸化ナトリウム(固体)と塩酸との反応熱(溶解熱と中和熱)の測定

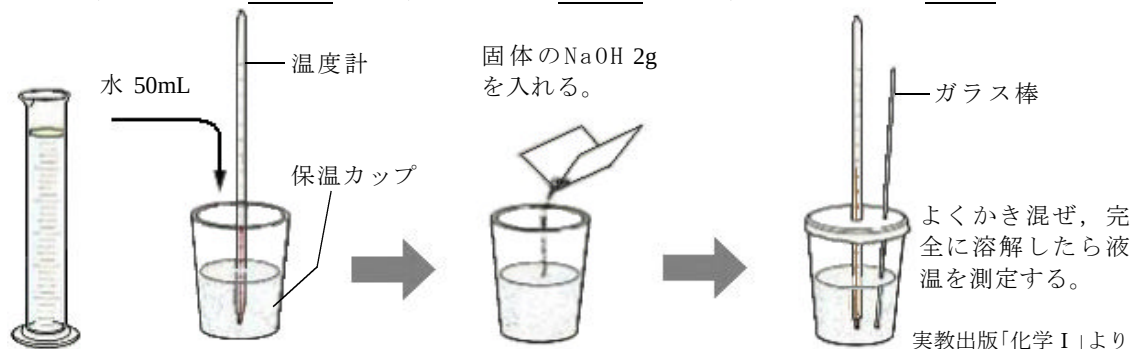
※例…溶解前の液温：20.5 $^{\circ}\text{C}$ ，溶解後の液温：31.0 $^{\circ}\text{C}$ のとき，液温の上昇：10.5 $^{\circ}\text{C}$ になる。



(3) 反応 2 水酸化ナトリウム(固体)の溶解熱の測定

溶解熱=物質 1mol を多量の水に溶解するときの発熱量

※例…溶解前の液温：20.5 $^{\circ}\text{C}$ ，溶解後の液温：29.0 $^{\circ}\text{C}$ のとき，液温の上昇：8.5 $^{\circ}\text{C}$ になる。



(4) 反応 3 水酸化ナトリウム水溶液と塩酸の中和熱の測定

※例…溶解前の液温：20.5 $^{\circ}\text{C}$ ，溶解後の液温：26.5 $^{\circ}\text{C}$ のとき，液温の上昇：6.0 $^{\circ}\text{C}$ になる。



実験の時間が不足するときには、各反応を手分けして同時に進行させると時間内にまとめまで出来る。

中和熱とは……



1mol の水素イオン(H^+)と 1mol の水酸化物イオン(OH^-)が過不足無く反応し、1mol の (H_2O) 水を生じるとき発生する熱量を中和熱という。従って、強酸と強塩基の希薄溶液の中和では、ほとんどイオンに電離しているため、中和熱は酸塩基の種類に関係なく一定の値となる。一方、弱酸や弱塩基の場合には、 H^+ や OH^- を電離して放出するために熱が必要であり、中和熱は強酸と強塩基の中和熱に比べ、小さい値となる。

溶解熱とは……



1mol の物質が、多量の溶媒に溶けるとき、発生または吸収する熱を溶解熱という。一般に水への溶解熱は発熱が多いが、硝酸カリウムや硝酸アンモニウム等では熱を吸収する。溶解熱は、結晶でのイオン結合等の切断（凝集エネルギー）と水和（水和エネルギー）により生じる熱である。なお、濃厚溶液の希釈の際に発生または吸収する熱は希釈熱と呼ばれる。

3 実験書の実験のまとめ

実験書の計算方法に従って、以下に計算例を示す。

- (1) 反応 1 で発生した熱量は何 J か？ (溶解熱 + 中和熱)

$$102\text{g} \times 10.5\text{ }^\circ\text{C} (\text{上昇温度}) \times 4.18\text{J/g}\cdot\text{K} = 4477\text{J}$$

$$4477\text{J} \times \frac{1}{0.05} = \underline{89.5\text{kJ}} \quad (\text{Q1})$$

※ 1mol/L-HCl, 50mL 中の HCl (溶質) は…… $1\text{mol/L} \times \frac{50}{1000} = 0.05\text{mol}$ である。

ここでは HCl 0.05mol で生じた反応熱を、1mol あたりに換算している。

- (2) 反応 2 で発生した熱量は何 J か？ (溶解熱)

$$52\text{g} \times 8.5\text{ }^\circ\text{C} (\text{上昇温度}) \times 4.18\text{J/g}\cdot\text{K} = 1848$$

$$1848\text{J} \times \frac{40}{2} = \underline{37.0\text{kJ}} \quad (\text{Q2})$$

※ NaOH の式量は 40 なので、2g で生じた反応熱を 1mol あたりに換算している。

- (3) 反応 3 で発生した熱量は何 J か？ (中和熱)

$$100\text{g} \times 6\text{ }^\circ\text{C} (\text{上昇温度}) \times 4.18\text{J/g}\cdot\text{K} = 2508\text{J} \quad (\text{Q3})$$

$$2508\text{J} \times \frac{1}{0.05} = \underline{50.2\text{kJ}} \quad (\text{Q3})$$

※ 1mol/L-HCl 及び NaOH の 50mL 中には、溶質が、 $1\text{mol/L} \times \frac{50}{1000} = 0.05\text{mol}$ 含まれる。

ここでは、それぞれ 0.05mol ずつ反応して生じた反応熱を、1mol あたりに換算している。



※ (1) (2) (3) の結果 $(\text{Q2}) + (\text{Q3}) \simeq (\text{Q1})$ になることを確認させる。
文献等の値からはずれが生じるが、生徒にはこの原因を考えさせるとよい。



ワンポイントアドバイス

本実験において、発生した中和熱や溶解熱で温められるのは溶液だけではない。溶液を入れた保温カップ、ガラス棒、温度計なども同時に温められている。このこと以外にも、「外部への熱の放出」「NaOH の潮解性」「温度計など測定機器の誤差」「かき混ぜ不足による熱の不均一」等、実験誤差の原因は様々考えられる。



※ 精密な測定では、熱容量のわかっている断熱した熱量計を用いる。熱容量とは、装置全体の温度を 1K 上昇するのに必要な熱量で、単位には J/K を用いる。

4 危機対応

- (1) 保護めがねと保護手袋の着用
水酸化ナトリウムや塩酸は皮膚に対して強い腐食性があるため必ず保護めがねをつける。
- (2) 換気
教室の換気をよくしておく。
- (3) 皮膚に付いてしまったら
もし、皮膚に付いてしまったり、眼に入ってしまったら、すぐに大量の水で洗い流し医療機関を受診する。

※実験・実習中に事故が発生し人身に被害が生じた場合、まず被災者を救出し、さらに応急処置を施して医師の診療を受けさせる。また、災害の拡大を防止する処置をとる。

Ⅲ 実施後の留意事項

1 廃液の処理

使い終わった試薬は回収し、pH試験紙などで確認しながら、中和させて大量の水で流す。または廃液処理する。

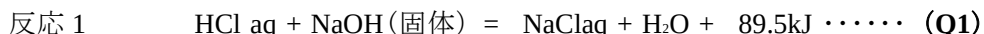
2 器具の片付け

保温カップはよく洗い、破損がないかを確認してから再利用する。

Ⅳ その他

1 考察

- (1) 反応1～3を熱化学方程式で示せ〈今回の実験では、HCl, NaOH 共に 0.05mol 反応させている〉



- (2) 実験の結果よりヘスの法則が成り立つかどうか説明せよ

反応1 (Q1) = 反応2 (Q2) + 反応3 (Q3) により各自に確認させる。

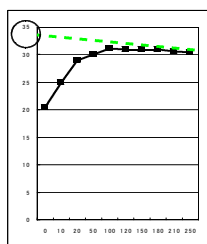
2 結果のグラフ処理

- (1) 反応1から反応3の結果を下のような表にまとめる。

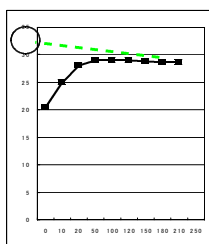
時間(S)	10	20	30		100	110	120	150	180	210	
温度(℃)											

- (2) 表の結果をグラフにする

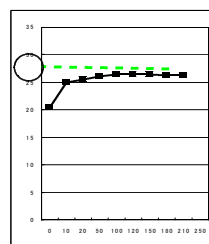
反応1



反応2



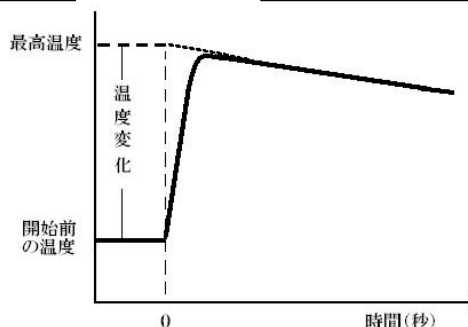
反応3



- (3) グラフより上昇温度をもとめる。

【最高温度の求め方】

反応開始時に瞬間的に温度が上昇するわけではなく、また温度上昇とともに熱が逃げるので、グラフは右図のようになる。従って反応による発熱を求めるには、グラフ上で作図によって補正（外挿法）した液温の最高値を出す必要がある。



【目 的】 ハロゲンの代表として、塩素の性質とハロゲン化合物の性質を調べる。

【準 備】 器具：試験管（大1）、ガスバーナー、ピンセット、ケミカルスティック

薬品：濃塩酸HCl、さらし粉CaCl(ClO)・H₂O、青色リトマス紙、花びら、ヨウ化カリウムデンプン紙、コルク栓付き銅線（らせん状）、ろうそく臭化カリウムKBr・ヨウ化カリウムKI 各 5%水溶液

塩素水Cl₂、臭素水Br₂、1 %デンプン水溶液

【実 験】

1 塩素の発生と性質

(1) 塩素を発生させる。濃塩酸 2 mL の入った試験管にさらし粉をケミカルスティックで少量ずつパラパラと入れる。(白い紙を背景に置き、気体の色を確認しながら気体が試験管の外へあふれない程度まで。)

ケミカルスティック

発生した塩素の色

さらし粉

臭い

白い紙

空気に対する比重

濃塩酸

(2) (1)の試験管を使って次のような実験を行う。

(a) 青色リトマス紙を水でしめらせ、ピンセットではさみ、試験管に入れ、すぐに取り出す。

青色リトマス紙の変化

さらし粉

さらし粉

花びら

さらに一度試験管に入れ、様子を見る。

青色リトマス紙の変化

(3) (1)の試験管に少量のさらし粉を加え、塩素を発生させる。

試験管に点火したろうそくを図のように入れ、反応の様子調べる。

反応の様子

この反応でできたものは何か

(4) (1)の試験管に少量のさらし粉を加え、塩素を発生させる。

a 加熱した銅線を入れる。
(塩酸にはつけない)

b 反応終了後、銅線を塩酸に浸しこれに水を加える。

反応の様子

水溶液の色

反応の様子

水溶液の色

2 ハロゲン化合物の性質

(5) 塩素、臭素、ヨウ素による化学変化を調べる。

① KBr 水溶液にCl₂ 水を加える。

Cl₂ 水

1 mL

KBr 水溶液

3 mL

色の变化

② KI 水溶液にCl₂ 水を加え、さらにデンプン水溶液を加える。

Cl₂ 水

1 mL

デンプン水溶液

2 ～ 3 滴

色の变化

③ KI 水溶液にBr₂ 水を加え、さらにデンプン水溶液を加える。

Br₂ 水

1 mL

デンプン水溶液

2 ～ 3 滴

色の变化

【考 察】

1 (1)の化学反応式を示せ。

2 (3)において、塩素はろうそくに対してどのような働きをしたか。
(ろうそくは炭素Cと水素Hからできている)

3 (4)において、銅は何に変わったか。

4 (2)より、塩素の溶液は酸性かアルカリ性か。

5 (2)のリトマス紙・花びらの変化により、塩素にはどんな働きがあるといえるか。

6 (2)のヨウ化カリウムデンプン紙の変化より、Cl₂とKIの反応式を書き、さらにこのことから塩素とヨウ素はどちらが化合力が強いといえるか。

7 (5)の① ② ③の反応を化学反応式で表せ。

①

②

③

ハロゲン

I 準備における留意事項

1 使用器具

試験管（大）1 本（試験管を集気瓶とガラス板に代えてもよい）、ピンセット、ガスバーナー、マッチ、ろうそく、花びら（赤など色の濃いもの）、ろうそく、コルク栓付き銅線（らせん状）、青色リトマス紙、ヨウ化カリウムデンプン紙、ケミカルスティック

2 使用する試薬等

塩酸、さらし粉、臭化カリウム水溶液、ヨウ化カリウム水溶液、塩素水、臭素水、デンプン水溶液

塩酸（HCl）【劇物】	
性質	・ 強酸であり、塩基と激しく反応し、腐食性を示す。 ・ 酸化剤と激しく反応し、有毒なガス（塩素）を生成する。 ・ 多くの金属を侵し、塩化物と水素ガス（可燃性の気体）を生成する。
保管	・ 塩基、酸化剤（特に硝酸、塩素酸塩）、可燃物、硫化物などから離して貯蔵する。 ・ 直射日光を避け、40℃以下に保ち、換気のよい場所に保管する。
毒性 危険性	・ 眼、皮膚、気道に対して刺激性を有する。 ・ 強酸性で、金属と反応して発生した水素と空気が混合して、爆発性気体を生ずる。
廃棄	・ 水に溶解して希薄水溶液とし、アルカリで中和させた後多量の水で希釈処理する。 ・ 廃棄物処理業者に委託する。
注意	・ 皮膚に付着した場合は多量の水で洗い流す。 ・ 目に入った場合は清潔な水で十分洗浄し、眼科医の処置を受ける。 ・ 保護手袋、保護衣、保護めがねを使用する。

さらし粉／次亜塩素酸カルシウム $\text{CaCl}(\text{ClO}) \cdot \text{H}_2\text{O}$ 高度さらし粉 $\text{Ca}(\text{ClO})_2$	
性質	・ 強烈な塩素臭のある、白色の様々な形状の固体。 ・ 消石灰（水酸化カルシウム）に塩素を吸収させて製造。 ・ 加熱や酸との接触で急速に分解し、塩素や酸素を生じ火災の危険をもたらす。 ・ 強力な酸化剤で、可燃性物質や還元性物質と激しく反応する。
保管	・ 密封し日光から遮断して保管。 ・ 可燃物還元剤との接触禁止。
毒性 危険性	・ 火災の場合、粉末消火薬剤ではなく、大量の水を用いる。 ・ 皮膚腐食性、刺激性があり、目に対し重篤な損傷を及ぼす。 ・ 飲み込んだ場合、口をすすぎ、多量の水を飲ませ、吐かせない。 ・ いずれの場合も医療機関に連絡する。 ・ 粉塵を吸い込んだり、眼、皮膚及び衣類に触れないよう適切な保護具を着用。
廃棄	・ 廃棄の前に、ハイポ等の還元剤で処理する等、危険有害性を下げる。 ・ 廃棄物処理業者に危険性、有害性を告知し委託処理。
注意	・ アンモニアおよびその塩類との混合接触は爆発の危険がある。 ・ 可燃性物質と化学反応して燃えやすい。 ・ 還元試薬と激しく反応し得る。

臭化カリウム (KBr)	
性質	・ 白い結晶又は粉末。 ・ いくぶん吸湿性がある。 ・ 水に非常によく溶ける。
保管	・ 直射日光を避け、風通しのよい場所に密閉して保管する。
毒性 危険性	・ 通常の取扱い条件下では安定。 ・ 不燃性。 ・ 粉塵を吸い込んだり、眼、皮膚及び衣類に触れないよう適切な保護具を着用。
廃棄	・ 少量の場合には水に溶解、多量の水と共に排出処分する。 ・ 廃棄物処理業者に処理を委託する。
注意	・ 通常扱いでは危険性は少ない。

ヨウ化カリウム (KI)	
性質	・ 白～無色のわずかに潮解性がある固体。 ・ 水に溶け、 空気に触れるとヨウ素を遊離して黄色に変わる。
保管	・ 直射日光を避け、冷乾燥場所に密栓して保管。
毒性 危険性	・ 不燃性。 ・ 発火性、自己反応性、粉塵爆発性等なし。 ・ 眼、皮膚、呼吸器系の炎症をおこすことがある。
廃棄	・ 過剰の水で溶解し pH を中性に調整し大量の水と共に流す。 ・ 廃棄物処理業者に処理を委託する。
注意	・ 通常の状態では特記すべき危険性は少ない。

デンプン粉 ($[C_6H_{10}O_5]_n \cdot H_2O$) 可溶性デンプン	
性質	・ 白色粉末。 ・ 冷水では不溶。
保管	・ 密封して、吸湿を防止。
毒性 危険性	・ 危険性、有害性等特に認められない。 ・ 粉塵爆発の恐れはあり。
廃棄	・ 廃棄物処分、または焼却処分。
注意	・ 吸湿、水濡れを避け、乾燥状態で取り扱う。

ヨウ化カリウムデンプン紙→ 20 枚綴り 10 冊で 1 箱 2,500 円前後
--

3 試薬の調整

(1) 濃塩酸

濃塩酸 (12mol/L) については、調整を行わず、試薬瓶からそれぞれの試験管に駒込ピペットを (5mL 用がよい) 使って取り分ける。たいへん危険なので取り扱いには慎重にする。



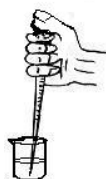
- a 塩酸の栓をゆるめる時は蒸気がかがないように注意し、徐々に栓をゆるめる。
- b 換気に気をつける。塩酸が皮膚に付かないように注意する。付いたときは、すぐに水でよく洗う。



ワンポイントアドバイス 駒込ピペットの使い方



5本の指で球部の上をしっかりと持ち、ゴムキャップの空気を抜く



ピペットの先端をビーカーの底につけて吸い上げる



必要量吸い上げた後指の力を止める

(2) 0.1mol/L 臭化カリウム (分子量 119) KBr水溶液

5.95 g の臭化ナトリウム (固体) をはかり、400mL の 純水に溶かしガラス棒でよくかき混ぜる。更に、純水を加え全体を 500mL にする

(3) 0.1mol/L ヨウ化カリウム (分子量 166) KI水溶液

8.3 g のヨウ化カリウム (固体) をはかり、400mL の 純水に溶かしガラス棒でよくかき混ぜる。更に、純水を加え全体を 500mL にする

(4) 塩素水

二又試験管にさらし粉と 6mol/L の塩酸を入れ、純水を入れた Cl_2 水溶液専用の瓶に図のようにセットし、ドラフトチャンバーの中で充分に通し Cl_2 水溶液を作る。→ 3～5分通す。

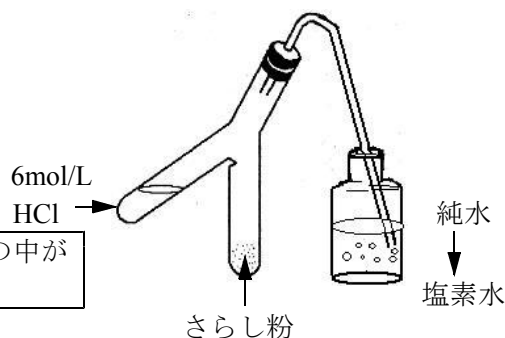


反応が終わったら誘導管を抜く。二又試験管の中が冷めると減圧し逆流してしまうので注意する。

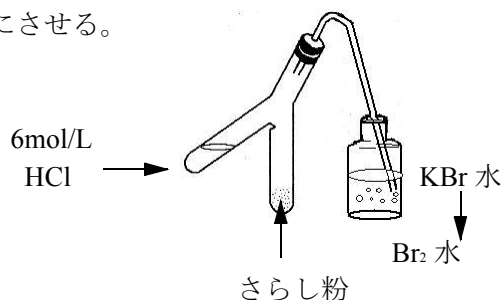
Cl_2 水溶液ができあがっているか KI 水溶液等に数滴加えてみる。
褐色になれば実験に使用できる。

生徒が使用するときには、ドラフトのところへ試験管を持ってこさせ 1mL 入れさせる。
余分な Cl_2 水溶液を実験机に持って行かないようにさせる。

塩素水の作り方



臭素水の作り方



(5) 臭素水

市販されているが、ない場合は次の方法で作ることができる。
二又試験管で塩素を発生させ ((4) を参考にして) 5% 臭化カリウム水溶液に通じると臭素が遊離するので臭素水として使用できる。

臭素水も塩素水と同様にあらかじめドラフトに用意しておき使用時に 1mL 入れさせる。

臭素水(ブロム水)500g 3,000 円前後



- a 塩素水も臭素水も作り置きできないので、その実験の都度作る。
試薬瓶に作っておくと 1 週間くらいは使用できる。
- b ドラフトの中で行うとよい。

(6) デンプン水溶液 1 %

可溶性デンプン 1 g をはかり取り、純水を加え加熱して溶かし全体を 1 0 0 g とする。
使用時は冷まして使用する。

II 実施上の留意事項

1 試薬の配布について

- (1) 試験管→濃塩酸 2mL 大 1 本, 臭化カリウム水溶液 3mL 中 1 本, ヨウ化カリウム水溶液 3mL 中 2 本, 塩素水, 臭素水・・・ドラフトの中から使用時に必要量使用する。
それぞれ違いが分かるように(色分けやナンバー付き試験管など)配慮する。

- (2) デンプン水溶液は、試験管に 1 mL 取り分ける。

- (3) さらし粉は薬包皿またはフィルムケースに入れて直前に配る。
(空气中に放置すると水分や二酸化炭素を吸収して分解してしまうため)



秤量皿→薬包皿ともいう。

S・M・Lとあり 500 枚で 4,000 円～ 10,000 円前後

- (4) 青色リトマス紙とヨウ化カリウムデンプン紙は使用時に渡す。(シャーレなどの入れ物に取り分けてもよい)。なるべく指で触らずピンセットでつまんで取り分ける。



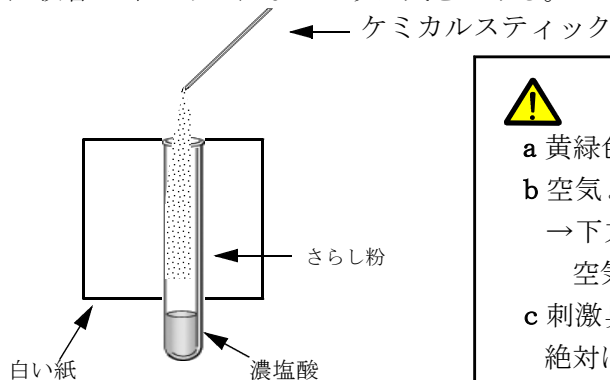
実験室内に塩素が含まれているので、青色リトマス紙とヨウ化カリウムデンプン紙は自然に変化してしまう。余分には出さず使用するときに出す。取り扱いに注意する。

2 手順



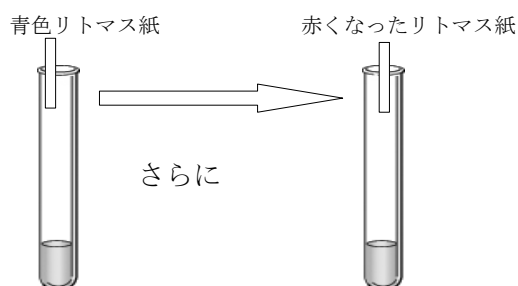
濃塩酸と塩素は、取り扱いと危険性について、必ず周知徹底してから始めさせる。

- (1) 濃塩酸の入った大きい試験管(集気瓶に代えてもよい)に、さらし粉をケミカルスティックで少量ずつパラパラと入れる。試験管の後ろ側に白い紙を置いて、気体を確認させる。
気体が試験管の外であふれないように気をつける。



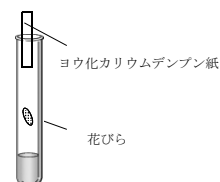
- a 黄緑色の塩素(気体)が発生する。
- b 空気より重いので試験管の下方にたまる
→下方置換で捕集できるのは水に可溶で空気より重いからである。
- c 刺激臭がする→有毒である。直接臭いを絶対に嗅がない。
- d ドラフトで行ってもよい。

- (2) a 青色リトマス紙は半分ほど湿らせ(乾いたままでもよい), ピンセットではさみ, (1) の試験管に入れ, すぐに取り出す。
 色の变化を見た後, さらにもう一度 (1) の試験管に入れ様子を見る。



湿らせると赤くならず,
 すぐに白くなるので,
 その場合は水に湿らさず
 行うと良い!

- b ヨウ化カリウムデンプン紙を半分ほど湿らせ(乾いたままでもよい)試験管の口に近づける。
赤紫に変化…ヨウ素が遊離するため
 赤い花びらを試験管の内壁に貼り付けしばらく様子を見る。
赤い花びら→白(クリーム色)…漂白作用があるため



花びらが完全に白くなるまでには時間がかかるため,
 事前に塩素が入った集気瓶に花びらを入れておき,
 赤い花びらとの比較をさせるとよい。

- (3) (1)の試験管に少量のさらし粉を加え, 塩素を発生させる。その後, 点火したろうそくを
 試験管の中に入れ, 反応の様子を調べる。
炎→赤→小さくなり黒いすす (ろうそくの成分の炭素 (C)) を出す。
 この反応でできたもの→塩化水素 (白煙)



反応でできたもの

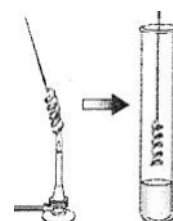
ろうそくの成分の炭化水素の H と発生させた塩素 Cl_2 が結合して
 塩化水素 (HCl) ができる。



塩化水素は透明だが, 空気中の水分を含み, 白煙になる



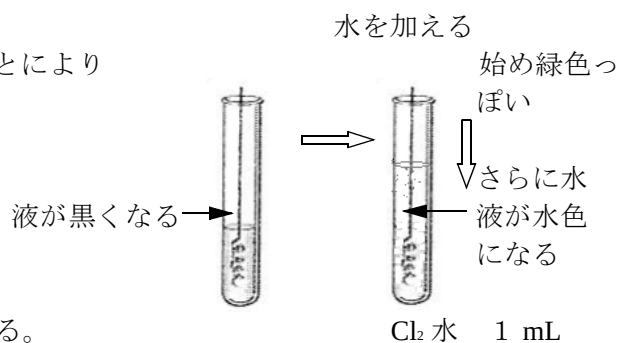
- (4) (1)の試験管に少量のさらし粉を加え, 塩素を発生させる。
 a ガスバーナーに火をつけ, 銅線を赤くなるまで熱して試験管に入れる。
 反応の様子を見る。(実験 b で塩酸の中に入れるので, この時には
 塩酸につけないように気をつける **実験書ガスバーナーの使い方参照**)
 反応の様子…暗褐色の煙が出る→銅 Cu の酸化 = CuCl_2 塩化銅 (II)



- b 反応終了後, 少し冷めてから銅線を塩酸に浸し, この中に純水を加える。

水溶液の色…水色 (CuCl_2)

初めは液が黒くなるが、純水を加えることにより銅イオンになるので水色になる。



(5) 塩素, 臭素, ヨウ素による化学変化を調べる。

a 臭化カリウム KBr 水溶液に塩素水 Cl_2 を加える

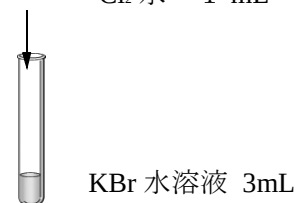
色の変化…黄褐色

臭素の遊離(臭素が KBr から離れる)

↓ 酸化力

$\text{Cl}_2 > \text{Br}_2$

(単体の Cl_2 はイオンになり, イオンの Br が Br_2 (単体) になった。)



b ヨウ化カリウム KI 水溶液に塩素 Cl_2 水を加え, さらにデンプン水溶液を加える。

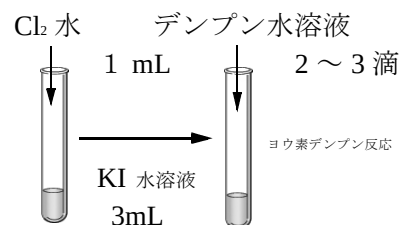
色の変化…褐色→青紫

ヨウ素の遊離

↓ 酸化力

$\text{Cl}_2 > \text{I}_2$

(単体の Cl_2 はイオンになり, イオンの I が I_2 (単体) になった。)



c ヨウ化カリウム KI 水溶液に臭素 Br_2 水を加え, さらにデンプン水溶液を加える

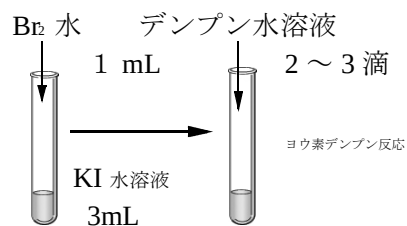
色の変化…茶色→青紫

ヨウ素の遊離

↓ 酸化力

$\text{Br}_2 > \text{I}_2$

(単体の Br_2 はイオンになり, イオンの I が I_2 (単体) になった。)



酸化力の大小

$\text{F}_2 > \text{Cl}_2 > \text{Br}_2 > \text{I}_2$

原子番号の小さいハロゲンの方が酸化力が強い。

原子番号の大きいハロゲンの方が酸化力が弱い。



原子番号の小さいハロゲンの単体を, 原子番号の大きいハロゲンの化合物と反応させると, 原子番号の大きいハロゲンの単体が遊離する。

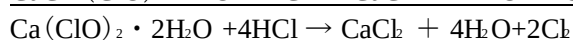
3 実験書の考察

(1) (1)の化学反応式を示せ

さらし粉



高度さらし粉



(2) (3)において, 塩素はろうそくに対してどのような働きをしたか。

(ろうそくは炭素Cと水素Hでできている)

ろうそくの水素Hと結合して, 塩化水素(HCl)白煙を発生させた。 → ローソクを酸化した

(3) (4)において銅は何に変わったか。

塩化銅(Ⅱ) $\text{Cu} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{CuCl}_2$

(4) (2)より、塩素の溶液は酸性かアルカリ性か。

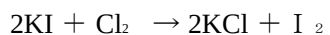
酸性 青色リトマス紙が赤に変化

(5) (2)のリトマス紙・花びらの変化により、塩素にはどんな働きがあるといえるか。

漂白作用

(6) (2)のヨウ化カリウムデンプン紙の変化より、 Cl_2 と KI の反応式を書き、

さらにこのことから塩素とヨウ素はどちらが化合力が強いといえるか。

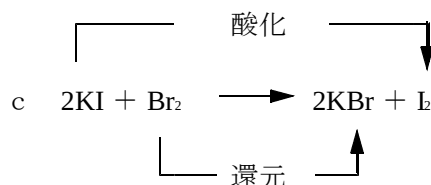
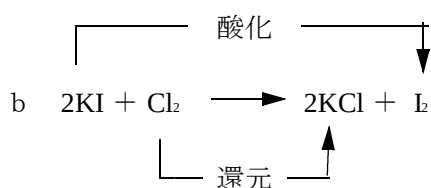
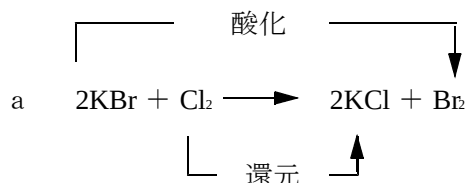


$\text{Cl}_2 > \text{I}_2$ 塩素の方が化合力が強い



ヨウ化カリウムからヨウ素が遊離
→ヨウ素デンプン反応

(7) (5)の a b c の反応を化学反応式で表せ。



4 危機対応

- (1) 濃塩酸は皮膚に対して強い腐食性があるため必ず保護めがねをつける。
- (2) 塩素は有毒であるため、窓を開け、換気扇を回すなど教室の換気をよくしておく。
- (3) もし、皮膚に付いたり、眼に入ったら、すぐに大量の水で洗い流し医療機関を受診する。
- (4) ガスバーナーや銅線などやけどに注意する。もしやけどしてしまったら、すぐに大量の水で冷やし、医療機関を受診する。

※実験・実習中に事故が発生し人身に被害が生じた場合、まず被災者を救出し、さらに応急処置を施して医師の診療を受けさせる。また、災害の拡大を防止する処置をとる。

Ⅲ 実施後の留意事項

1 廃液の処理

(1)の塩素を発生させた試験管はドラフト内に集め、 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (チオ硫酸ナトリウム水溶液) で中和させて反応を止め、他の試薬もすべて回収し、委託処理する。

2 器具の片付け

洗浄できるものと、そのまま返却するものを区別し、班ごとに返却させる。

IV その他

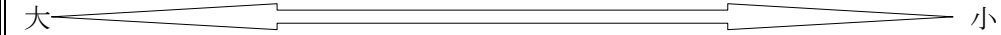
1 考察

(1) ハロゲンとは

17族元素をハロゲンという。ハロゲンの原子は価電子を7個もち、1価の陰イオンになりやすい。金属元素とはイオン結合によりハロゲン化物をつくり、非金属元素とは共有結合により分子を作る。

(2) 単体の性質

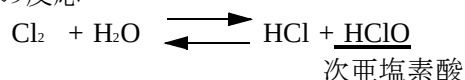
二原子分子からなり、有色、有毒である。沸点や融点は原子番号が大きいものほど高い。

単 体	フッ素 F_2	塩素 Cl_2	臭素 Br_2	ヨウ素 I_2
分子量	38.0	70.9	159.8	253.8
室温での状態	淡黄色の気体	黄緑色の気体	赤褐色の液体	黒紫色の固体
融 点	-220 °C	-101 °C	-7 °C	114 °C
沸 点	-188 °C	-35 °C	59 °C	184 °C
酸化力	大  小			
水との反応	激しく反応して O_2 発生	一部反応して HCl , $HClO$ 生成	Cl_2 より反応は弱い	水にわずかに溶けるが反応しにくい
水素との反応	冷暗所でも爆発的に反応	室温でも光により爆発的に反応	加熱によって反応	触媒と加熱によって反応

(実教出版化学より)

(3) 塩素水の漂白作用と殺菌作用

塩素と水との反応



漂白作用 次亜塩素酸の酸化作用により酸化漂白される。

殺菌作用 次亜塩素酸の酸化作用によりプールや水道水の殺菌には塩素が使われている。

硫酸の性質

年 組 番 氏 名

【目 的】 硫黄のオキシ酸である硫酸について、希硫酸・濃硫酸・熱濃硫酸それぞれが示す性質とその違いや、硫酸の特徴のある反応などを調べる。

【準 備】 器具：試験管、試験管立て、試験管ばさみ、100mL ビーカー、メートルグラス、温度計、蒸発皿、ガラス板、ガラス棒、駒込ビペット、白い紙

薬品：硫酸 H_2SO_4 (濃・1mol/L)、6mol/L アンモニア水 NH_3 、スクロース $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ 、0.1mol/L 酢酸鉛 (II)、0.1mol/L $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ 、0.1mol/L 塩化バリウム BaCl_2 、銅片 Cu 、亜鉛粒 Zn

【実験】



濃硫酸は溶解熱が大きく、**濃硫酸に水を加えると非常に危険**である。また、濃硫酸を皮膚や衣服につけないようにすること。もし付着した場合は多量の水で洗う。机の上に落としてしまった場合は①ペーパーで拭きとる。②濡れ雑巾で拭く。直接雑巾で拭かないこと。

- (1) ①大きい試験管④に 5mL の水を入れて、温度を測る。
②乾いたビペットを使って、濃硫酸 1mL を内壁を伝わせて静かに加える。
③よく振り混ぜ、液温を測る。

《結果》 水温 $^{\circ}\text{C}$ $\rightarrow$ $^{\circ}\text{C}$

- (2) (1) で希釈した硫酸をガラス棒につけ、紙の上に文字 (絵) を書く。乾いたらその紙を弱火であぶり、変化をみる。

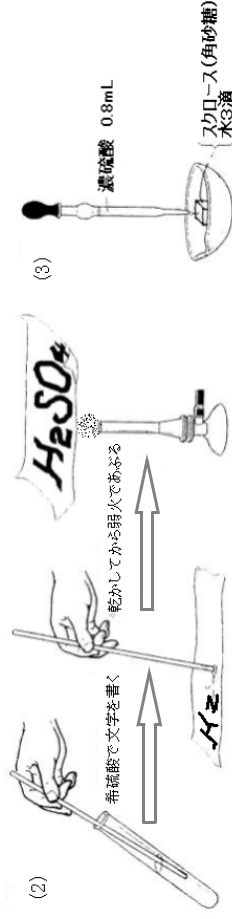


火が強すぎると燃えることがある。硫酸のついた紙は処理に気をつける。

《結果》

- (3) 蒸発皿にスクロースを入れ、水を 3 滴滴下し、さらに濃硫酸 0.8mL を加えて放置する。

《結果》



- (4) ①試験管④につくった希硫酸を試験管⑥に 2 等分し、乾いた試験管⑥に濃硫酸を 1mL ずつ入れる。

②④と⑥には亜鉛粒、⑥と⑥には銅片を入れる。変化が起これないときは、よく注意しながら加熱する。



銅と熱濃硫酸の反応で発生する気体は有毒なので吸わないこと。

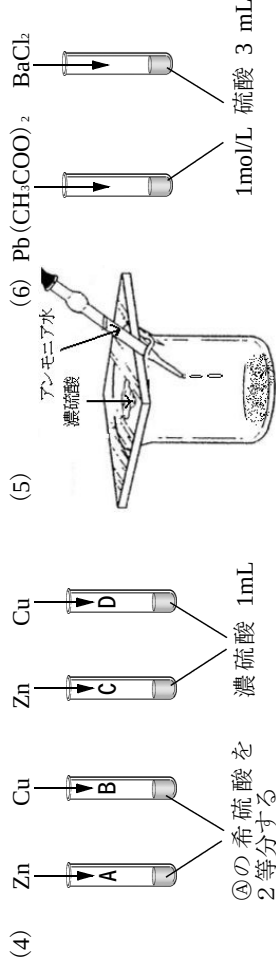
《結果》

- (5) ①ガラス板の中央に濃硫酸を 1 滴つけ、濃硫酸が下向きになるようにして、ビーカーにふたをする。
②ビーカーの注ぎ口から 6mol/L アンモニア水 2mL を入れ、ビーカーの中を NH_3 の蒸気で満たして、濃硫酸の変化をみる。

《結果》

- (6) 2 本の試験管に 1mol/L 硫酸を 3 mL ずつとり、一方に 0.1mol/L 酢酸鉛 (II) を、他方に 0.1mol/L 塩化バリウムを数滴ずつ加える。

《結果》



【考察】

(1) 紙の主成分はセルロース ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$) である。色の変化は硫酸のどの性質によるものか。また、変色した部分は何に変化したのか。

- (2) スクロース ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$) の変化を化学反応式で表せ。

- (3) 希硫酸と亜鉛、熱濃硫酸と亜鉛および銅の反応を説明せよ。

- (4) 希硫酸と亜鉛、濃硫酸と銅の反応をそれぞれ化学反応式で表せ。

希硫酸と亜鉛

濃硫酸と銅

- (5) 実験 (5) の変化を化学反応式で表せ。

- (6) 実験 (6) で生成した物質は何か。

硫酸の性質

I 準備における留意事項

1 使用器具

試験管, 試験管立て, 試験管ばさみ, 100mL ビーカー, メートルグラス
温度計, 蒸発皿, ガラス板, ガラス棒, 駒込ピペット, 白い紙,

2 使用する試薬等

硫酸 H_2SO_4 (濃・1mol/L), 6mol/L アンモニア水 NH_3 , スクロース $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$
0.1mol/L 酢酸鉛(II) $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$, 0.1mol/L 塩化バリウム BaCl_2 , 銅片 Cu , 亜鉛粒 Zn ,

亜鉛粒 (Zn)	
性質	・青灰色～銀白色, 無臭の金属。
保管	・酸, 塩基, 酸化剤から離して保管する。 ・容器を密閉して換気の良い冷所で保管する。
毒性 危険性	・水と反応, また酸塩基と激しく反応し, 引火性の高い水素ガスを放出する。 ・イオウ, ハロゲン化炭化水素他多くの物質と反応し火災や爆発の危険。 ・粉末や顆粒状で空気と混合すると, 粉塵爆発の可能性はある。
廃棄	・廃棄物処理業者に委託する。

アンモニア水 (NH_3) 【劇物】	
性質	・揮発性の高い無色のアンモニア水溶液, 強い刺激臭, 強アルカリ性。 ・沸点 (25%) 38 °C, 融点: (25%) - 58 °C, 比重 (水=1): (25%) 0.9
保管	・酸化剤, 酸, ハロゲン類から離す。 ・換気のよい冷暗所に密封して保管する。 ・濃い溶液では圧力が高まることがあるので, ふたは注意してはずす。
毒性 危険性	・皮膚, 粘膜に対する刺激および腐食性が強く組織の深部に達しやすい。 ・高濃度のアンモニア水が目にはいると視力障害を起こすことがある。
廃棄	・希塩酸・希硫酸などで中和し, 多量の水で薄めて処理する。
注意	・必ず換気を良くし, 保護めがねを装着して扱う。 ・皮膚に付いたときには多量の水で洗い流す。 ・目に入った場合は多量の水でよく洗い流し, 眼科で手当てを受ける。 ・気体のアンモニアは火気厳禁。 ・必ずゴム手袋をして, 噴出に注意しながら開ける。 ・高濃度の蒸気を吸入しないこと。

塩化バリウム ($\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 【劇物】	
性質	・無色 (白色) へん平な四角形の結晶または粉末, 通常 2 水塩。
保管	・食品や飼料から離す。
毒性 危険性	・拡散すると浮遊粒子が急速に有害濃度に達することがある。 ・水生生物に対して毒性がある。
廃棄	・廃棄物処理業者に委託する。 ・保護手袋, 保護めがねを使用する。

酢酸鉛（鉛糖）（ $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ）【劇物】	
性質	・無色透明結晶あるいは白い粒状または粉末。 ・軽い酢酸臭，ゆっくりと風化，わずかに甘味がある。 ・熱に対し不安定で，加熱分解し有毒な鉛の煙を発生する。
保管	・密栓
毒性 危険性	・粉末を吸わないように防塵（ぼうじん）マスクを使用する。 ・強熱すると酸化鉛(II)の煙霧及びガスを発生（煙霧及びガスは有害）。 ・遺伝性疾患のおそれの疑い。 ・発がんのおそれの疑い。 ・生殖能又は胎児への悪影響のおそれ。 ・血液系，神経系，腎臓の障害。 ・臭素酸，炭酸，リン酸，フェノールから離しておく。
廃棄	・廃棄物処理業者に委託する。
注意	・水生生物に対して毒性が強い。 ・植物，動物で生物濃縮が起こることがある。 ・保護手袋，保護めがねを使用する。

銅片（Cu）	
性質	・赤色の金属光沢，明るい赤味がかった色の金属。 ・非酸化性酸溶液，アルカリ溶液に対しては耐える。 （酸化性酸またはその塩酸水溶液には早く侵される）
保管	・耐食性良好だが，湿気などで表面に緑色の緑青が生じる。
毒性 危険性	・塩素酸塩，臭素酸塩，ヨウ素酸塩などの強力な酸化剤と反応し爆発の危険。 ・ピクリン酸，アセチレン，アジ化ナトリウムとは爆発性物質生成の危険性。 ・酸化力の強い酸にとける（硝酸・熱濃硫酸）。
廃棄	・廃棄物処理業者に委託する。

硫酸（ H_2SO_4 ）【劇物】	
性質	・無臭，無色，油状の吸湿性液体。
保管	・水，可燃性物質，還元性物質，塩基，金属等から離す。 ・密栓して冷暗所に保管する。
毒性 危険性	・脱水作用が非常に強く，人体に触れると水を取り激しい薬傷がある。 ・蒸気を長時間吸入すると呼吸器が侵される。 ・目に入ると失明することがある。
廃棄	・廃棄物処理業者に委託する。 ・水酸化カルシウム，炭酸ナトリウム等で中和させた後，多量の水で希釈処理。
注意	・保護手袋，保護衣，保護めがねを使用する。 ・溶解または希釈する時は必ず水の中に硫酸を徐々に加える。

3 試薬の扱い・試薬の調整

(1) 注意



濃硫酸は溶解熱が大きく、濃硫酸に水を加えると非常に危険である。
また、濃硫酸を皮膚や衣服につけないようにすること。もし付着した場合は多量の水で洗う。机の上に落としてしまった場合は……
①ペーパーで拭きとる。②濡れ雑巾で拭く。直接雑巾で拭かないこと。
※濃硫酸には脱水作用があるので皮膚などにつくと極めて危険！
→ 扱いを特別慎重に行わなければならない試薬の一つ！



希硫酸も濃硫酸と同じく扱いに気をつける。
硫酸は不揮発性なので、希硫酸の水は蒸発しても含まれている硫酸はそのまま残る。
※希硫酸であっても皮膚や衣服につくと水が蒸発して濃硫酸になる！

(2) 1mol/L H_2SO_4 を100mL作る。

- ・純水 50mL 入れたビーカーを用意し、濃硫酸 5.55mL をメスシリンダーで量りとる。
- ・ガラス棒を使い純水 50mL 入れたビーカーに少しずつ入れる。
- ・よく攪拌し 100mL のメスフラスコに入れる。
- ・ビーカーに少し純水を入れメスフラスコに入れる。
- ・100mL の標線まで純水を加える。メスフラスコに栓をして良く振り混ぜる。

(3) 6mol/L NH_3 を100mL作る。

- ・純水 50mL 入れたビーカーを用意し、濃アンモニア水 40mL をメスシリンダーで量りとる。
- ・ガラス棒を使い純水 50mL 入れたビーカーに少しずつ入れる。
- ・よく攪拌し 100mL のメスフラスコに入れる。
- ・ビーカーに少し純水を入れメスフラスコに入れる。
- ・100mL の標線まで純水を加える。メスフラスコに栓をして良く振り混ぜる。

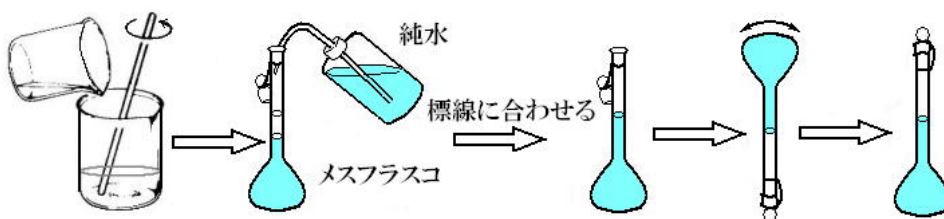
(4) 0.1mol/L $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ を100mL作る。

- ・電子天秤で $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ を 3.79g 量とり、ビーカーに入れる。
- ・そのビーカーに純水約 50mL 入れ、ガラス棒を使いよく攪拌し完全に溶かす。
- ・100mL のメスフラスコに入れ、ビーカーに少し純水を取りメスフラスコに入れる。
- ・100mL の標線まで純水を加え、メスフラスコに栓をして良く振り混ぜる。

(5) 0.1mol/L BaCl_2 を100mL作る。

- ・電子天秤で BaCl_2 を 2.08g 量とり、ビーカーに入れる。
- ・そのビーカーに純水 約50mL 入れ、ガラス棒を使いよく攪拌し完全に溶かす。
- ・100mL のメスフラスコに入れ、ビーカーに少し純水を取りメスフラスコに入れる。
- ・100mL の標線まで純水を加え、メスフラスコに栓をして良く振り混ぜる。

試薬の作り方



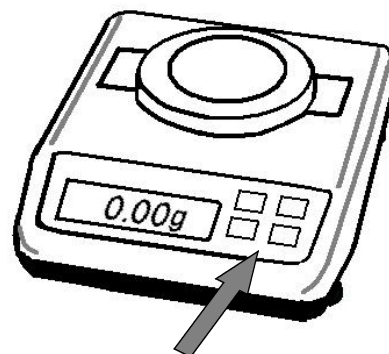
標線の見方



メスシリンダー

4 電子天秤の使い方

- ① 電源スイッチを ON にする。
- ② 無負荷の状態では指示値がゼロであることを確認する。
重量表示が 0 になっていなければ、ゼロ点調節（ゼロ・リセットボタンを押す）して表示を 0 にする。
- ③ 試料をはかりとるための薬包紙あるいはビーカーなどを乗せ、ゼロ点調節（ゼロ・リセットボタンを押す）して表示を 0 にする。
※この操作を風袋引き（ふうたいびき）という。
- ④ 薬さじで試薬を取り、少量ずつ目的の重さになるまで落下させ計量する。



リセットボタン(ゼロ点調節)はこの辺にある

II 実施上の留意事項

1 参考事項

- ・市販の濃硫酸は濃度95～98%で粘りけのある思い液体（水を1とした比重1.8）である。
- ・希硫酸は何%以上が濃硫酸で、何%以下が希硫酸という区分けはない。

2 各実験の進め方の注意

ワンポイントアドバイス



実験の始まる前に、受け皿を下に置き濡れたぼろ雑巾に駒込ピペットを使い、2～3mL 濃硫酸をかける。

※注意を促す意味で効果がある。



一滴でも穴があくよ！！ 教室ではやらないで！！

ワンポイントアドバイス



実験で使用する試薬は全て No.入り試験管に使用する分量を取り分けておく。黒板に試験管 No.と一致する試薬を記しておく。

実験（1）水 + H_2SO_4 …… 水温 $20^\circ\text{C} \rightarrow 70^\circ\text{C}$ （溶解熱）

気をつけながら、実際に試験管に触れて熱さを確認する。
硫酸の付いた紙は処理に気をつけ、ゴミ箱に捨てる。
紙の主成分はセルロースなので脱水作用により炭化する。



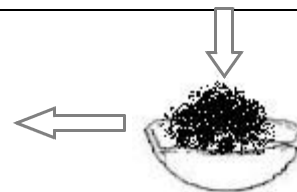
※ポイント

古い角砂糖は湿気を含んでいるため成功しにくい。
古い角砂糖を使用するときには電子レジでチンする。→使用可

実験（3）実験書では角砂糖を使用しているが、普通の砂糖を使用し

ても良い。水と硫酸のバランスが難しい。

硫酸の性質の脱水作用により、有機物と反応させると、成分元素の酸素（O）と（H）を奪うので炭素ができる。

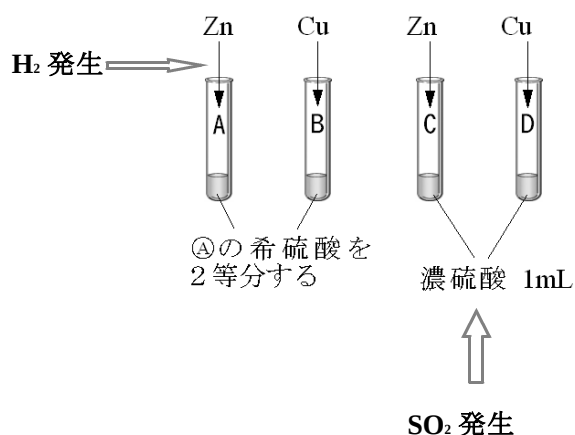


実験（4）



試験管を加熱する時は、試験管の口を必ず人のいないほうに向ける。
銅と熱濃硫酸の反応で発生する気体は有毒なので吸わないこと。

- ・C・Dの試験管にはあらかじめ濃硫酸を1mLずつ取り分けておく。
- ・濃硫酸で使った駒込ピペットは試験管に差し込んでおく。



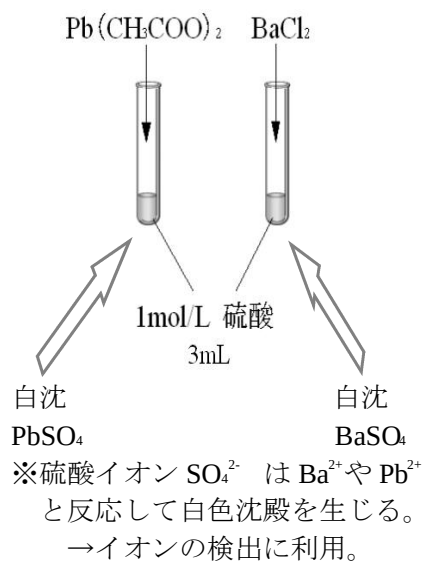
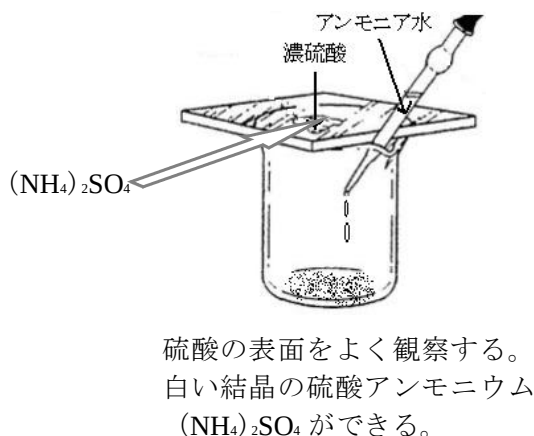
- A . . . 水素発生
 B . . . 反応無し
 C . . . SO₂ 発生
 D . . . SO₂ 発生

ワンポイントアドバイス



- ・ D の試験管のみ加熱する。
- ※ SO₂ 発生 (有毒)
- ・ ほんの少しでも反応が始まったら加熱をやめる。余熱で反応する。
- ・ B 希硫酸に Cu を加えてもイオン化傾向が小さいため反応無し。
(H₂ > Cu²⁺)

実験 (5) 実験 (6)



3 試薬の配布

どの試験管 No. に何の試薬が入っているかを、黒板に板書しておく。
 生徒は、板書の試薬をどこで使用するのか確認しながら実験を進める。

試験管 NO. A	空で渡す	実験 (1) の①と (4) の①で使用
〃 NO. B	空で渡す	実験 (4) の①で使用
〃 NO. 1	濃硫酸 1mL+0.8mL+0.1mL . . .	実験 (1) の②と (3) と (5) の①で使用 (取り分けて使用)
〃 NO. C	濃硫酸 1mL	実験 (4) の②で使用
〃 NO. D	濃硫酸 1mL	実験 (4) の②で使用
〃 NO. 2	6mol/L アンモニア水 2mL . . .	実験 (5) の②で使用
〃 NO. 3	1mol/L 希硫酸 3mL	実験 (6) で使用
〃 NO. 4	1mol/L 希硫酸 3mL	実験 (6) で使用
〃 NO. 5	0.1mol/L 酢酸鉛 (II)	実験 (6) で使用
〃 NO. 6	0.1mol/L 塩化バリウム	実験 (6) で使用

尚、試験管 No. 1 の濃硫酸については、駒込ピペットを試験管に差した状態で置かせる。

4 危機対応

(1) 火傷

- ・ 火傷した場合その部分を多量の水道水、冷水、氷水で痛みを感じなくなるまで十分冷やし、医療機関に連絡し指示を受ける。

(2) 硫酸

- ・希釈の時、飛散防止に配慮する。
- ・希硫酸も有毒なので皮膚や目に付けないように気をつける。また、皮膚などに付いたときはすぐに多量の水で洗う。
- ・濃硫酸の反応で二酸化硫黄 (SO_2) が発生する場合には、吸入しないように気をつける。
(致死量 400~500ppm)

※実験・実習中に事故が発生し人身に被害が生じた場合、まず被災者を救出し、さらに応急処置を施して医師の診療を受けさせる。また、災害の拡大を防止する処置をとる。



ワンポイントアドバイス

- ・硫酸の実験の際には、硫酸をこぼした場合に備えて、炭酸水素ナトリウムや炭酸ナトリウム用意しておき中和させて拭き取ると良い。
- ・炭酸水素ナトリウムや炭酸ナトリウムは水溶液でもよいが、粉末の方が単に振りかけるだけなので、使いやすい。
- ・ぬれぞうきんで拭き取ったときには、ぞうきんを大量の水で洗い流すこと。

III 実施後の留意事項

- ・使用した廃液は全てビーカーに回収し、廃液入れの重金属用のポリ容器に入れる。
※貯まったら廃棄物処理業者に委託する。
- ・硫酸実験で使用した金属は、別に回収し不燃物として処理する。

IV その他

1 実験書 考察解答

- (1) 紙の主成分はセルロース ($\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$)_n である。色の変化は硫酸のどの性質によるものか。
また、変色した部分は何に変化したのか。
- A 硫酸は不揮発性なので水だけが蒸発し希硫酸の濃度は大きくなる。紙の主成分はセルロース ($\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$)_n なので脱水作用により O と H が奪われ C が残る。黒く変色した部分は炭に変化したことになる。
- (2) スクロース ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$) の変化を化学反応式で表せ。
- A $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} \rightarrow 12\text{C} + 11\text{H}_2\text{O}$
濃硫酸により スクロース ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$) が脱水され炭素が残る。
- (3) 希硫酸と亜鉛、熱濃硫酸と亜鉛および銅の反応を説明せよ。
- A 希硫酸と亜鉛、銅 ---- Zn は H よりイオン化傾向が大きいので、Zn と H^+ の反応で水素が発生するが、Cu は H よりイオン化傾向が小さく、Cu は H^+ を還元することはできない。
濃硫酸と亜鉛、銅 ---- 濃硫酸はほとんど電離していないので、 H^+ との反応は起こりにくい。
熱濃硫酸は酸化作用があるため、 SO_4^{2-} が Zn・Cu を酸化して溶解し、 SO_2 を発生する。このとき、Zn は H よりイオン化傾向が大きいので若干の H_2 の発生も考えられる。
- (4) 希硫酸と亜鉛、濃硫酸と銅の反応をそれぞれ化学反応式で表せ。
- A 希硫酸と亜鉛 ----- $\text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2 \uparrow$
熱濃硫酸と銅 ----- $\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$
(熱濃硫酸の強い酸化作用のため Cu を酸化して溶解 $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+}$)

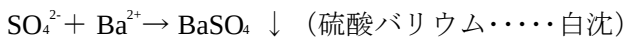
(5) 実験(5)の変化を化学反応式で表せ。



硫酸アンモニウムの白い結晶

※硫酸アンモニウムは、無～白色の傷に溶けやすい固体であり、窒素分を含むので肥料として用いられる。

(6) 実験(6)で生成した物質は何か。



※硫酸イオン SO_4^{2-} は、 Pb^{2+} ・ Ba^{2+} と反応して白色沈殿を生じる。

※硫酸イオンは鉛やアルカリ土類の金属イオンとは沈殿をつくるが、他の陽イオンとの化合物は水に溶けるものが多い。

2 おまけのQ & A

Q 熱濃硫酸と希硫酸の酸化作用の違いは？

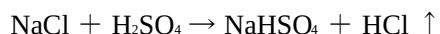
A 濃硫酸は安定な化合物だが、熱すると SO_3 と H_2O に分解し、この SO_3 が強い酸化作用を示す。

なお、H よりもイオン化傾向の大きい金属 Zn などに希硫酸を作用して H_2 を発生する反応でも希硫酸は金属に対して酸化剤として働いているが、この場合酸 H^+ による反応として、酸化作用とは区別して扱うのが一般的である。

Q 脱水と吸湿の違いは？

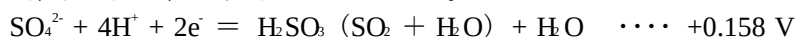
A 脱水は有機化合物などから水素と酸素を 2 : 1 で奪うことであり、吸湿は水そのものを水として奪うこと。吸湿性がある物質は湿気を含んだ物質の乾燥剤として使えるが、濃硫酸は酸性であり酸化剤なので、塩基性のアンモニア (NH_3) や還元剤の硫化水素 (H_2S) などの乾燥には使えない。

Q 食塩と熱濃硫酸の反応では、一般に濃硫酸の不揮発性により次の反応が起こる。



熱濃硫酸に酸化力があることを考えると、Cl を SO_4^{2-} が酸化して Cl_2 を発生する反応は起こらないのか？

A 標準電極電位は以下の通りである。



条件等により単純に比較はできないが、これらの値の比較から、Cl から Cl_2 への反応はおこりにくく、結果的に塩化ナトリウムと濃硫酸の反応では、塩素ではなく塩化水素が発生すると考えられる。

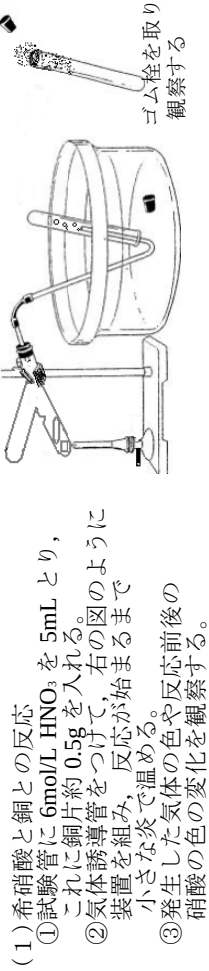
【目 的】 15 族の典型元素である窒素の 2 種類の酸化物(一酸化窒素・二酸化窒素)の性質を調べて、その違いを比較する。また、窒素のオキソ酸である硝酸の性質を調べる。

【準 備】 器具：試験管、ゴム栓付き気体誘導管、水槽、駒込ビペット、ゴム栓、スタンド 200mL ビーカー、氷水、ふたまた試験管

薬品：硝酸 HNO_3 (濃・ 6mol/L ・ 2mol/L)、銅片 Cu 、リトマス紙(青)
濃硫酸 H_2SO_4 、飽和硫酸鉄(II) FeSO_4 水溶液

【実 験】

注意 発生する気体は有毒なので吸わないこと。



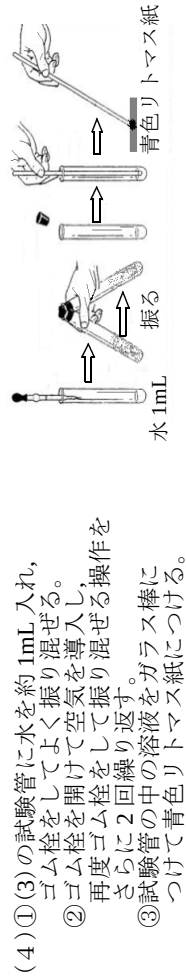
- (1) 希硝酸と銅との反応
① 試験管に 6mol/L HNO_3 を 5mL とり、これに銅片約 0.5g を入れる。
② 気体誘導管をつけて、右の図のように装置を組み、反応が始まるまで小さな炎で温める。
③ 発生した気体の色や反応前後の硝酸の色の変化を観察する。

注意 気体が発生し始めたから火を消す。水槽の水が逆流しないようにする。

結果

- (2) 発生する気体を水上置換で試験管(1 本目・大 1.2 本目・小)に集めてゴム栓をする。
- (3) (2) で捕集した気体の試験管(2 本目)のゴム栓を取り、その中の気体が空気に触れたときに起こる変化を観察する。

結果



- (4) ① (3) の試験管に水を約 1mL 入れ、ゴム栓をしてよく振り混ぜる。
② ギュム栓を開けて空気を導入し、再度ギュム栓をして振り混ぜる操作をさらに 2 回繰り返す。
③ 試験管の中の溶液をガラス棒につけて青色リトマス紙につける。

結果

(5) 濃硝酸と銅との反応

- ① 別の試験管に濃 HNO_3 1mL をとり、これに 0.3g の銅片を入れる。
- ② 反応が始まったら、試験管立てに立てて、反応の様子を観察する。

結果

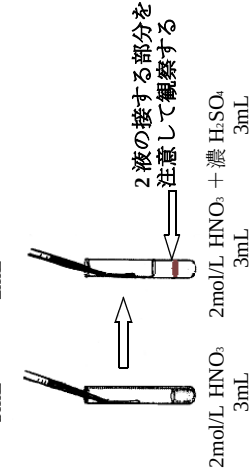
- ③ 反応が始まったまま放置しておくときと反応が激しくなりすぎるので、そうなる前に試験管の中へ冷水を加えるなどして反応をおさえる。
※ ドラフトチャンバーの中へ持っていく。

(6) 硝酸イオン NO_3^- の検出 (褐輪反応)

大きい試験管に 2mol/L HNO_3 3mL をとり、これに混合しないように静かに濃 H_2SO_4 3mL を加える。氷水でよく冷却し、さらに新しくつくった飽和 FeSO_4 2mL を静かに加える。

試験管の内壁を伝わせるようにして流し込む

濃 H_2SO_4 3mL 飽和 FeSO_4 2mL



【考 察】

(1) 銅と希硝酸、銅と濃硝酸の反応をそれぞれ化学反応式で表せ。

銅と希硝酸

銅と濃硝酸

(2) 銅と硝酸の反応・発生する気体について、次の点についてまとめよ。

	反応の激しさ	気体の分子式	気体の色	水への溶解性
銅と希硝酸				
銅と濃硝酸				

(3) ① 実験 (3) で、発生した気体が空気に触れたときの化学反応式を書け。

② 空気に触れた気体が水に溶けるときの化学反応式を書け。

(4) 実験 (4) で振り混ぜた試験管のゴム栓を注意してゆるめると、試験管内部の圧力が小さくなっていることがわかる。それはなぜか。
また、試験管内の溶液をリトマス紙につけた反応からどういうことがわかるか。

硝酸と窒素の酸化物

I 準備における留意事項

1 使用器具

試験管, ゴム栓付き気体誘導管, 水槽, 駒込ピペット, ゴム栓, スタンド
200mL ビーカー, 氷水, ふたまた試験管

2 使用する試薬等

硝酸 HNO_3 (濃・6mol/L・2mol/L), 銅片 Cu, リトマス紙(青)
濃硫酸 H_2SO_4 , 飽和硫酸鉄(II) FeSO_4 水溶液

硝酸 HNO_3 【劇物】	
性質	・強酸 ・強力な酸化剤であり, 可燃性物質や還元性物質と激しく反応する。
保管	・可燃性物質, 還元性物質, 塩基, 有機化学物質, 食品や飼料から離しておく。 ・涼しい場所。 ・乾燥。 ・換気のよい場所に保管。 ・水, 可燃性物質, 還元性物質, 塩基, 金属等から離す。 ・密栓して冷暗所に保管する。 ・光で分解し黄色く変色するので褐色瓶で保存。 ・多くの一般有機化合物と接触すると, 火災や爆発の危険性がある
毒性 危険性	・毒性有り。 ・残留分を炭酸ナトリウムで注意深く中和し, 次に多量の水で洗い流す。 ・おがくず他可燃性吸収剤に吸収させてはならない。
廃棄	・廃棄物処理業者に委託する。
注意	・保護手袋, 保護衣, 保護めがねを使用する。 ・溶解または希釈する時は必ず水の中に硝酸を徐々に加える。 ・重度の皮膚熱傷, 痛み, 皮膚黄変。

銅片 (Cu)	
性質	・赤色の金属光沢, 明るい赤味がかった色の金属。 ・非酸化性酸溶液, アルカリ溶液に対しては耐える。 (酸化性酸またはその塩酸水溶液には早く侵される)
保管	・耐食性良好だが, 湿気などで表面に緑色の緑青が生じる。
毒性 危険性	・塩素酸塩, 臭素酸塩, ヨウ素酸塩などの強力な酸化剤と反応し爆発の危険。 ・ピクリン酸, アセチレン, アジ化ナトリウムとは爆発性物質生成の危険性。 ・酸化力の強い酸にとける (硝酸・熱濃硫酸)。
廃棄	・廃棄物処理業者に委託する。

硫酸 (H_2SO_4) 【劇物】	
性質	・無臭, 無色, 油状の吸湿性液体。
保管	・水, 可燃性物質, 還元性物質, 塩基, 金属等から離す。 ・密栓して冷暗所に保管する。
毒性 危険性	・脱水作用が非常に強く, 人体に触れると水を取り激しい薬傷がある。 ・蒸気を長時間吸入すると呼吸器が侵される。 ・目に入ると失明することがある。
廃棄	・水酸化カルシウム, 炭酸ナトリウム等で中和させた後, 多量の水で希釈処理。 ・廃棄物処理業者に委託する。
注意	・保護手袋, 保護衣, 保護めがねを使用する。 ・溶解または希釈する時は必ず水の中に硫酸を徐々に加える。

硫酸鉄(II) $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	
性質	・淡緑色の固体。 ・水溶液は淡緑色である。 ・水に良く溶ける。
保管	・乾燥。 ・換気のよい場所に保管する。 ・2 価から 3 価になりやすいので密栓して冷暗所に保管する。
危険性	・なし。
廃棄	・廃棄物処理業者に委託する。
注意	・特になし。

3 試薬の扱い・試薬の調整

(1) 硝酸の扱いについての注意



強酸, 強力な酸化剤であり皮膚に付くと皮膚のタンパク質と反応して(キサントプロテイン反応)をおこし皮膚が黄色くなるので扱うときには必ずゴム手袋をする。扱いは慎重に行うこと。



日光により分解し, 有毒な窒素酸化物を発生する。稀釈しても有毒である。無色・刺激性の液体で空気に触れると刺激性の白煙を生ずるので吸入しないようにする。扱うときにはドラフトチャンバーの中で行う。褐色瓶に保存する。

試薬の調整については

硫酸の性質手引書

の項を参照する。



濃硝酸は何モルか？

市販の濃硝酸 63% 密度 1.4g/cm^3 の場合
この濃硝酸 1L の重さは
 $1.4\text{g/mL} \times 1000\text{mL} = 1,400\text{g}$ → この中に HNO_3 が 63%含まれているので
↓
 $1,400\text{g} \times 0.63(63\%) = 882\text{g}$ → 1L 中に 882g の HNO_3 が入っている。
↓
 HNO_3 の分子量は 63 なので
 $882\text{g} \div 63 = 14$ よって 濃硝酸は 14mol/L となる。

※ 製薬会社によって含有 % が異なるので 14mol/L ~ 15mol/L の場合もある。

(2) 6mol/L HNO_3 を100mL作る。(褐色瓶に保存)

濃硝酸 14 mol/L (分子量 63・密度 1.4g/cm^3) とした場合,

水に, 濃硝酸 42.9mL を加え, 100mL とする。

(3) 2mol/L HNO_3 を100mL作る。(褐色瓶に保存)

濃硝酸 14 mol/L (分子量 63・密度 1.4g/cm^3) とした場合,

水に, 濃硝酸 14.3mL を加え, 100mL とする。

(4) 飽和硫酸鉄(II) FeSO_4 水溶液を作る。(使用直前につくる。)

硫酸鉄(II) FeSO_4 の溶解度は 20°C で 26.3g なので

硫酸鉄(II) FeSO_4 26.3g に水を 100 g 加える。



硫酸鉄(II) FeSO_4 は II 価の鉄 Fe^{2+} なので空気中で酸化されIII価の鉄 Fe^{3+} にすぐに変化する。よって, 希硫酸を加え硫酸酸性の状態にしておくとII価の鉄 Fe^{2+} を保つことが出来る。



飽和溶液とは

一定量の水に溶ける物質の量には限界がある。これ以上物質が溶けなくなった溶液を飽和溶液という。

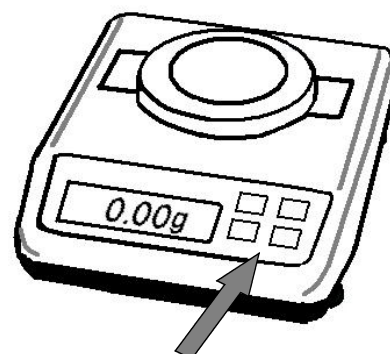


溶解度とは

水 100g に溶ける物質の最大量。水の温度を高くすると溶解度は大きくなる。

4 電子天秤の使い方

- ① 電源スイッチを ON にする。
- ② 無負荷の状態では指示値がゼロであることを確認する。
重量表示が 0 になっていなければ、ゼロ点調節（ゼロ・リセットボタンを押す）して表示を 0 にする。
- ③ 試料をはかりとるための薬包紙あるいはビーカーなどを乗せ、ゼロ点調節（ゼロ・リセットボタンを押す）して表示を 0 にする。
※この操作を風袋引き（ふうたいびき）という。
- ④ 薬さじで試薬を取り、少量ずつ目的の重さになるまで落下させ計量する。



リセットボタン(ゼロ点調節)はこの辺にある

II 実施上の留意事項

1 参考事項

- ・市販の濃硝酸は濃度 60 ～ 70 % で液体（水を 1 とした密度 1.5g/cm^3 ）医薬用外劇物である。
- ・周期表 15 族の典型元素である窒素は、空気中の約 78 % を占め、その化合物は硝酸塩・アンモニウム塩として、肥料、火薬、薬品として利用されている。

2 各実験の進め方の注意



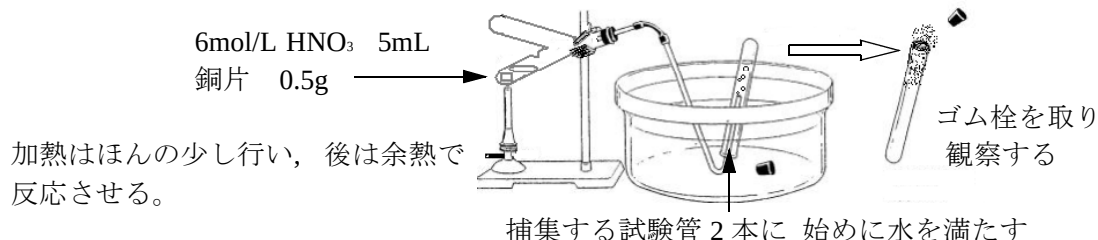
窒素の酸化物

一酸化窒素・・・ NO 無色の気体。水に溶けにくい・・・水上置換で捕集
空气中で酸化されて NO_2 になる。

二酸化窒素・・・ NO_2 赤褐色の気体。水に溶ける・・・下方置換で捕集
 N_2O_4 と平衡状態にある。

四酸化二窒素・・・ N_2O_4 無色の気体（低温）。 NO_2 （高温）と平衡状態にある。

実験（1）（2）希硝酸と銅との反応



ふたまた試験管の使い方



試験管 大・小 2 本に捕集する → 1 本目は空気が入るので使用しない。
捕集が済んだら誘導管を水槽から抜く → 減圧するので逆流を防ぐ。
捕集が済んだら試験管をドラフトチャンバーに持っていく。

結果

加熱すると NO が発生する。
発生させた試験管の中の希硝酸の色は Cu^{2+} 水色になる。

実験（３）２本目の試験管と空気との反応

２本目の試験管



空気に触れたときどうなるか確認をする。

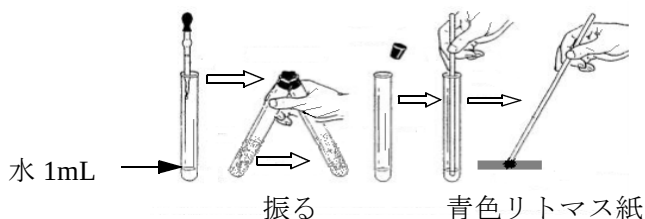
（４）で使用するのでゴム栓をする

ゴム栓を取り観察する

結果

空気中の酸素と反応 → 赤褐色 NO_2 になる

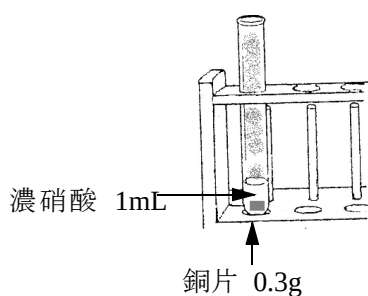
実験（４）赤褐色 NO_2 と水との反応



結果

NO_2 が水に溶けて HNO_3 になり青色リトマス紙が赤くなる。（酸性）

実験（５）濃硝酸と銅との反応



反応が始まり 赤褐色 NO_2 の気体を確認したら試験管に冷水を加え反応をおさえる。



試験管をドラフトチャンバーに持っていく。
反応熱で熱くなるので充分に気をつける

結果

気体の色 → 赤褐色

溶液は緑色

水を加えると Cu^{2+} になるので水色になる。

ワンポイントアドバイス



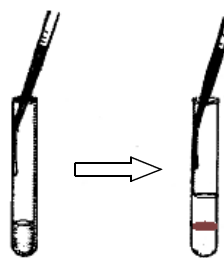
- ・希硝酸と銅との反応は、ほんの少しでも反応が始まったら加熱をやめる。余熱で反応する。
- ・濃硝酸と銅との反応で水を加えてから

実験（６）硝酸イオン NO_3^- の検出 褐色環（褐輪）反応



- ・濃 H_2SO_4 ・飽和 FeSO_4 とともに壁を伝わらせゆっくり静かに加える。
- ・ビーカーに氷水を入れよく冷やしながら行う。
- ・不安定な物質なので温度の上昇で分解する。

濃 H_2SO_4 3mL 飽和 FeSO_4 2mL



２液の境界面を注意して観察する。

2mol/L HNO_3 3mL 2mol/L HNO_3 + 濃 H_2SO_4 3mL

ワンポイントアドバイス



HNO_3 の密度は 1.5g/cm^3 ・ 濃 H_2SO_4 の密度は 1.8g/cm^3 ので
濃 H_2SO_4 が下に沈む。
 HNO_3 が 飽和 FeSO_4 によって還元され→ NO になる→ NO と
飽和 FeSO_4 から境界面に褐色の物質（不安定）を生じる。

3 試薬の配布

どの試験管 No. に何の試薬が入っているかを、黒板に板書しておく。
生徒は、板書の試薬をどこで使用するのか確認しながら実験を進める。

ワンポイントアドバイス



実験で使用する試薬は全て No.入り試験管に使用する分量を取り分けておく。黒板に試験管 No.と一致する試薬を記しておく。
硫酸の手引書を参照。

※ 尚、濃硫酸については、駒込ピペットを試験管にさした状態で置かせる。

4 危機対応

(1) 火傷

- ・火傷した場合その部分を多量の水水道水、冷水、氷水で痛みを感じなくなるまで十分冷やし、医療機関に連絡し指示を受ける。

(2) 濃硝酸

- ・希硝酸も有毒なので皮膚や目に付けないように気をつける。また、皮膚などに付いたときはすぐに多量の水で洗う。
- ・濃硝酸・希硝酸の反応で NO と NO_2 が発生する場合には、吸入しないように気をつける。
(致死量 2,500ppm 6～7分で死亡)

※実験・実習中に事故が発生し人身に被害が生じた場合、まず被災者を救出し、さらに応急処置を施して医師の診療を受けさせる。また、災害の拡大を防止する処置をとる。

ワンポイントアドバイス



- ・硝酸の実験の際には、硝酸をこぼした場合に備えて、炭酸水素ナトリウムや炭酸ナトリウムを用意しておき中和させて拭き取ると良い。
- ・炭酸水素ナトリウムや炭酸ナトリウムは水溶液でもよいが、粉末の方が単に振りかけるだけなので、使いやすい。
- ・ぬれぞうきんで拭き取ったときには、ぞうきんを大量の水で洗い流すこと。

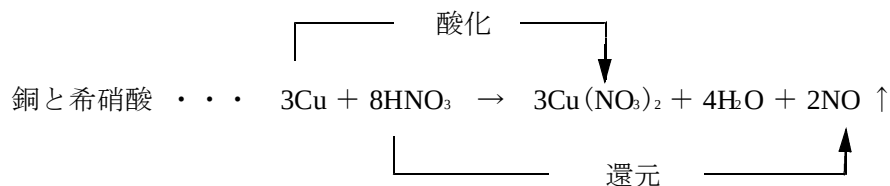
Ⅲ 実施後の留意事項

- ・使用した廃液は全てビーカーに回収し、廃液入れの重金属用のポリ容器に入れる。
※貯まったら廃棄物処理業者に委託する。
- ・硝酸実験で使用した金属は、別に回収し不燃物として処理する。

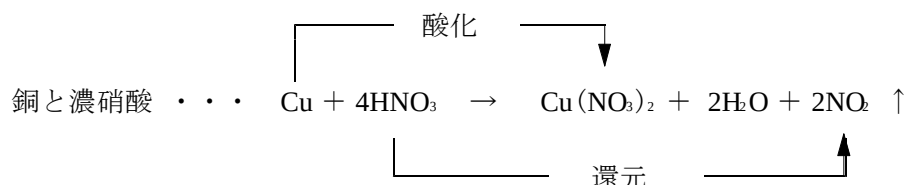
IV その他

1 実験書 考察解答

(1) 銅と希硝酸・銅と濃硝酸の反応をそれぞれ化学反応式で表せ。



(3 銅 8 硝 ナンバーワン NO と覚える)



(1 銅 4 硝 ナンバーツー NO₂ と覚える)

(2) 銅と硝酸の反応・発生する気体について、次の点についてまとめよ。

	反応の激しさ	気体の分子式	気体の色	水への溶解性
銅と希硝酸	おだやか	NO	無色	溶けにくい(難溶)
銅と濃硝酸	激しい	NO ₂	赤褐色	溶ける

(3) ① 実験(3)で、発生した気体が空気に触れたときの化学反応式を書け。



② 空気に触れた気体が水に溶けるときの化学反応式を書け。



(4) 実験(4)で振り混ぜた試験管のゴム栓を注意してゆるめると、試験管内部の圧力が小さくなっていることがわかる。それはなぜか。

また、試験管内の溶液を青色リトマス紙につけた反応からどういうことがわかるか。

ゴム栓がはずれにくくなる。(引っ張られる感じ)

NO₂ が水に溶けたため。試験管内の圧力が下がったため。

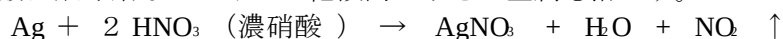
NO₂ が水に溶けると HNO₃ になる。 青色リトマス紙→赤変

2 おまけのQ & A

Q 濃硝酸と希硝酸の酸化作用の違いはあるか？

A どちらも強い酸化力がある。

濃硝酸は銀や銅などのイオン化傾向の小さい金属も溶かす。



ワンポイントアドバイス



- ・ 工業的な製法を オストワルト法 という。
- ・ 不動態・・・鉄やアルミニウムを硝酸に入れたと、表面に酸化被膜ができて反応が進まなくなることという。
- ・ 有機化合物のニトロ化に用いられる。

氏名 番 組 年

薬品：塩化アンモニウム NH_4Cl 、水酸化カルシウム $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 、濃塩酸 HCl
フェノールタレイン溶液、赤リトマス紙

乾燥した試験管

よく混合する

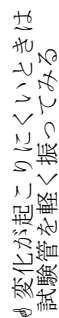
ガラス棒など

NH_4Cl 1.5 g

$\text{Ca}(\text{OH})_2$ 2 g

◇濃塩酸を近づけたらどうなったか。又、湿らせた赤色リトマス紙を近づけたらどうなったか。

①気体を集めた試験管を図のように水中で倒立させ、親指を離す。



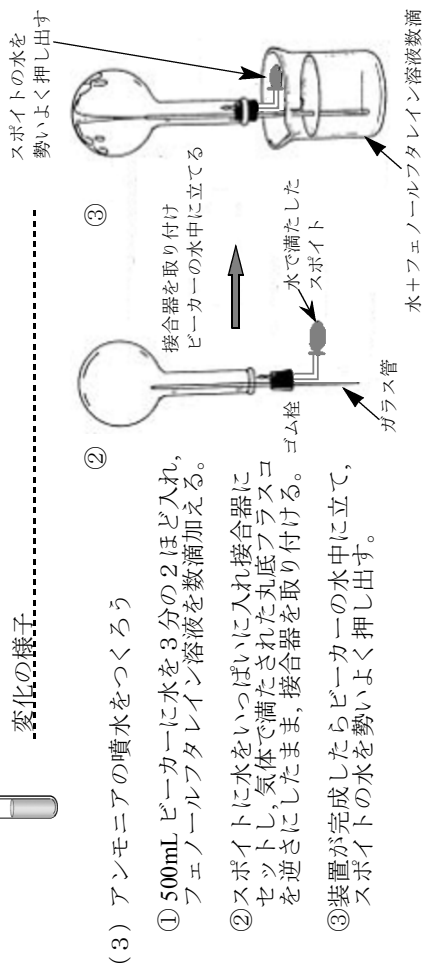
〈結果〉何が起こるか

②③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪ ⑫ ⑬ ⑭ ⑮ ⑯ ⑰ ⑱ ⑲ ⑳ ㉑ ㉒ ㉓ ㉔ ㉕ ㉖ ㉗ ㉘ ㉙ ㉚ ㉛ ㉜ ㉝ ㉞ ㉟ ㊱ ㊲ ㊳ ㊴ ㊵ ㊶ ㊷ ㊸ ㊹ ㊺ ㊻ ㊼ ㊽ ㊾ ㊿

④赤リトマス紙をつける

⑤ 変化の様子
フェノールフタレイン溶液を数滴加える

変化の様子



【与えられた情報】
1. NH_3 が発生する反応を化学反応式で示せ。

2. 濃塩酸のついたガラス棒を近づけたときの反応を化学反応式で示せ。

3. (2)の①および(3)からアンモニアのどのような性質がわかるか。

4. (2)の②からアンモニアのどのような性質がわかるか。

5. アンモニアの捕集に乾いた試験管(フラスコ)で、上方置換を用いる理由を説明せよ。

アンモニアの製法と性質

I 準備における留意事項

1 使用器具

試験管 1 本, 気体誘導管付きゴム栓, 丸底フラスコ (500mL) 1 個, 水槽, ガラス棒, ビーカー (500mL) 1, スポイト付き接合器, スタンド, ガスバーナー, マッチ,

[準備]

★気体誘導管を自作する

外径 16.5mm × 長さ 18.5mm の硬質試験管に取り付ける場合, 外径 6mm × 長さ 350mm の軟質ガラス管をガスバーナーで加熱し L 字型に曲げ, ガラス管の切り口を軽く炙り, なめらかにしておく。このガラス管を No. 1 のゴム栓にコルク穿孔機で中央に穴を開けて, 取り付ける。

★接合器を自作する。

外径 6mm の軟質ガラス管を 330mm 位の長さで, ガスバーナーで加熱して先端 4 ~ 5cm がスポイト状に, なるべく細い管になるように引っ張り切断する。切り口は軽く炙っておく。

★スポイトガラス管を自作する。

外径 6mm の軟質ガラス管の 230mm 位の先端をガスバーナーで炙りスポイト状に引っ張り, 切断し, 150mm 位の位置で, L 字状に曲げ, 短い方の口を加熱し, 金網などに押し付けて, 肉厚にして, ゴム帽 (2 mL 用赤ゴムの口の細いものを選ぶと良い。) がはずれにくくなるように自作する。

ワンポイントアドバイス



★No. 8 のゴム栓に, ゴム栓コルクボーラーで 2 箇所穴をあけ, 接合器とスポイトガラス管を取り付ける。このとき, ゴム栓の穴へ水を入れてから, ガラスをはめるようにすると滑らかに作業できる。



★ガラス管をゴム栓に差し込むときには, 差し込むところの近くを持って作業するように注意を払う。

★ガラス細工は軍手をはめて作業する。ガラス管の切断は, ヤスリで軽く傷をつけ, そのすぐ近くを持ち, 傷つけたところを向こうにし, 左右の親指の腹で押しながら引っ張るようにして折る。外径 6mm 位の軟質ガラスなら, ガラス細工用バーナーがなくても普通のバーナーで応用できる。

★アンモニア噴水セットは 1 セット 4000 円くらいで 市販品もある。

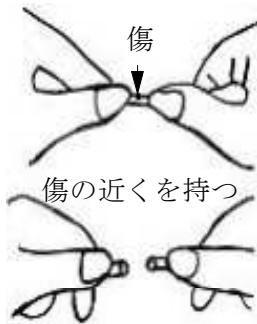


ガラス細工

ヤスリで傷をつける

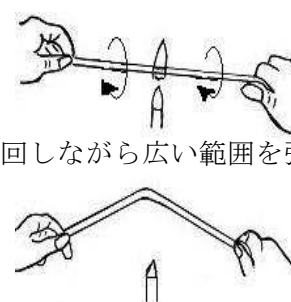


左右に引っ張りながら折る



切り口は軽く炙る

ガラス管を曲げる



回しながら広い範囲を加熱する

炎から離しゆっくり曲げる

2 使用する試薬等

塩化アンモニウム NH_4Cl , 水酸化カルシウム $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (消石灰), 塩酸 HCl ,
フェノールフタレイン溶液

塩化アンモニウム (NH_4Cl) (粉末)	
性質	・無色または白色粉末。 ・苦味, 辛味・無臭, 水溶液は加水分解して弱酸性を示す。 ・化学肥料の成分として利用。 ・不燃性, 湿気や熱で分解される。
保管	・涼しい所, 換気の良い場所で保管すること。 ・防湿に留意する。わずかに昇華するので密封保存。
毒性 危険性	・短期暴露で, 眼, 皮膚, 気道を刺激する。
廃棄	・大量の水で希釈して流す。肥料として使用出来る。 ・廃棄物処理業者に委託する。 ・空容器を廃棄する場合, 内容物を完全に除去した後に処分する。
注意	・水溶液をアルカリ性になるとアンモニアガスが発生する。 ・混触禁止物質: 酸化剤, アルカリ, 強酸, 硝酸アンモニウム, 塩素酸カリウム (硝酸アンモニウムや塩素酸カリウムなどの酸化剤と激しく反応し, 爆発性物質を形成したり, 発火を起こしたりする。)

水酸化カルシウム ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) (消石灰)	
性質	・無色結晶または白色粉末 ・塩基性で空気中より炭酸ガスを吸収して炭酸カルシウムになる。 ・水溶液は強塩基性を示す。
保管	・施錠して換気の良いなるべく涼しい場所に密閉して保管すること。
毒性	・目に入ると失明のおそれあり。
廃棄	・廃棄物処理業者に委託する。
注意	・目に入った場合は, 速やかに流水で洗眼し, 眼科医の診察を受ける。

塩酸 (HCl) 【劇物】	
性質	・強酸であり, 塩基と激しく反応し, 腐食性を示す。 ・酸化剤と激しく反応し, 有毒なガス (塩素) を生成する。 ・多くの金属を侵し, 塩化物と水素ガス (可燃性の気体) を生成する。
保管	・塩基, 酸化剤 (硝酸, 塩素酸塩), 可燃物, 硫化物などから離して貯蔵する。 ・直射日光を避け, 40°C 以下に保ち, 換気の良い場所に保管する。
毒性 危険性	・眼, 皮膚, 気道を刺激する。 ・金属と反応して発生した水素と空気が混合して, 爆発性気体を生ずる。
廃棄	・希薄水溶液とし, アルカリで中和した後多量の水で希釈処理する。 ・廃棄物処理業者に委託する。
注意	・皮膚に付着した場合は多量の水で洗い流す。 ・目に入った場合は清潔な水で十分洗浄し, 眼科医の処置を受ける。 ・保護手袋, 護衣, 保護めがねを使用する。

フェノールフタレイン溶液 指示薬・・・変色域は 8.0 ~ 9.8 (無色 → 赤色)
--

 NH_3 ・・・窒素と水素の化合物。 空気より軽く, 刺激臭のある気体。 水に溶けやすく, 水溶液は (アンモニア水) は弱塩基性を示す。 アンモニウム塩は窒素肥料として重要。
--

3 試薬の調整

(1) フェノールフタレイン溶液

フェノールフタレイン 1g を 95%のエタノール 90mL に溶かし、純水を加えて 100mL にする。
※フェノールフタレインは、ほとんど水に溶けない。

II 実施上の留意事項

1 実験の概要

(1) アンモニアの生成

① NH_4Cl 1.5g と $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 2g は、それぞれを、事前に量り、分けて薬包紙に包んでおくの実験授業の作業の時間を短縮できる。

② 薬包紙上で NH_4Cl 1.5g と $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 2g をガラス棒で混ぜる。

アンモニアは水にとけやすいので試験管やフラスコは乾いた器具を使用する。



ワンポイントアドバイス

NH_4Cl 1.5g と $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 2g を利用すると 500mL 丸底フラスコへ 1 本分と 20mL 試験管 1 本にアンモニアを捕集できる。アンモニアは刺激臭があるので、無駄な発生量はなるべくなくしたい。理論値の最低薬品使用量より、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ は 1 倍使用した方が

$2\text{NH}_4\text{Cl} \rightarrow 2\text{HCl} + 2\text{NH}_3$ の反応時に発生する HCl を $\text{Ca}(\text{OH})_2$ が十分に中和させることができ、ガラス棒で濃塩酸を近づける前に白煙が生じてしまうことを防ぐことができる。

③捕集の前に

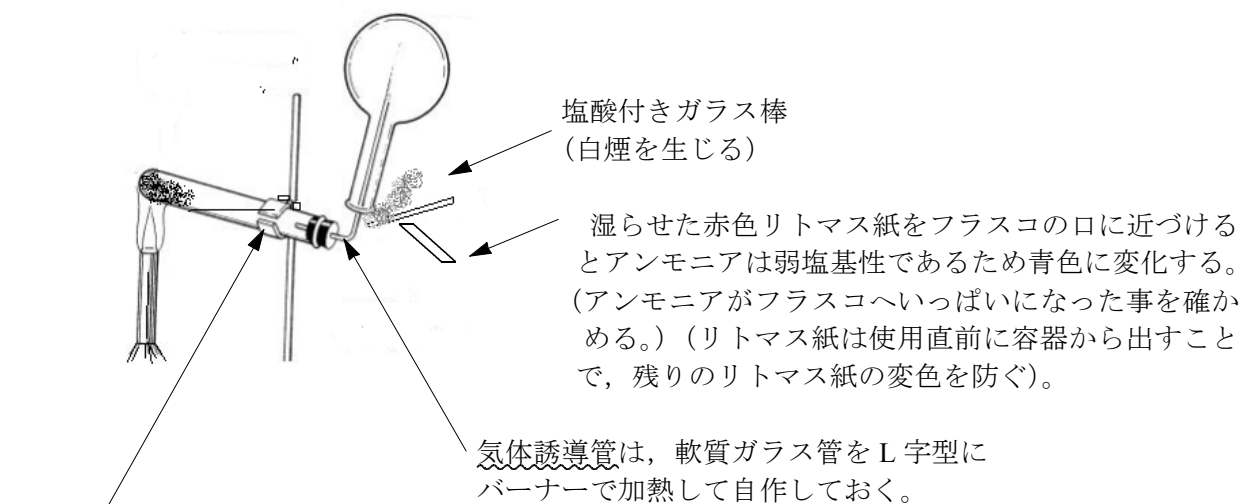
(ア) 500mL のビーカーに水を 500mL 入れフェノールフタレイン溶液を数滴入れかき混ぜておく。

(イ) ゴム帽に水を満たす。

(ウ) 水槽に水を 8 分目入れておく。

捕集の前にこの 3 つを用意させておくとスムーズに実験が進む。

④鉄製スタンドに試験管を取り付ける。



試験管の口を少し下げしておく。

(反応によって生じた水分が試験管の口で冷えて、水滴となって加熱部分に逆流しないようにするため)

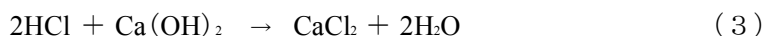
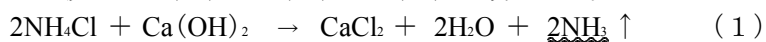


加熱した試験管は充分冷めてから片付ける。

⑤アンモニアを発生させる。

アンモニアは有毒で刺激臭があるので、通風を良くして行う。試験管内の混合物全体を反応させるため、バーナーを動かしながら加熱する。一点のみを加熱すると、一部分のみが反応して、試験管を破損することがある。

この反応は (1) = (2) + (3) に分けて考えることができる。



(火力が強すぎると $2\text{HCl} + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ の反応時 2HCl の発生が速すぎて $\text{Ca}(\text{OH})_2$ による中和が間に合わない事による $\text{NH}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl}$ の (白煙) を生じる恐れがある)。

500mL の乾いた丸底フラスコに発生する気体を上方置換で捕集する。

丸底フラスコが濡れているとアンモニアガスが水と反応してしまい、減圧が不十分となって、噴水の勢いが無くなる。

⑥濃塩酸をガラス棒の先につけて、フラスコの口元に近づけてみる。

濃塩酸とアンモニアが反応し、塩化アンモニウムの白煙が生ずる。(HCl + NH₃ → NH₄Cl フラスコ内にアンモニアが充満したことが解る。) (又、赤色リトマス紙を湿らせて、フラスコの口に近づけてみる。青色に変色したら、アンモニアは塩基性であるので、フラスコにアンモニアがいっぱいになった事が解る。)

(2) アンモニアの性質を調べる

①の実験で、指で試験管の口に蓋をし、指を外すとアンモニアの気体が同時に水に溶け、瞬時に水位が上がる様子を確認する。このことから、アンモニアは水に大変溶けやすい性質があることが解る。瞬時に水が上がらない場合には、そのまま水槽に試験管を倒立しておくことで徐々に水位が上がってくる。

②の実験で、アンモニア水の液性が、赤リトマス紙を青変、フェノールフタレイン溶液滴下で、試験管の溶液が赤色変することから、弱塩基性であることが解る。

(3) アンモニアの噴水実験

① 500mL ビーカーに水を3分の2くらい入れ、フェノールフタレイン溶液を数滴加える。(少しかき混ぜておくことで、最初から赤色の噴水を観察することが出来る。)

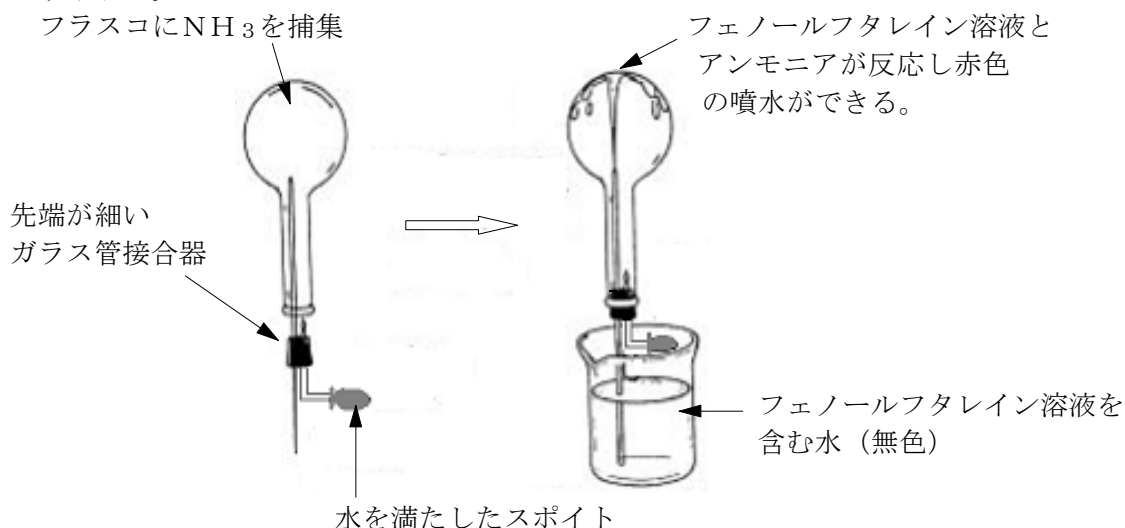
ワンポイントアドバイス



★フェノールフタレイン溶液はガラス製ピペットを利用すると白色の汚れが落ちにくいので、市販のプチボトルを利用すると、そのまま滴下できて便利である。
10mL ケース付き 12本で、1,029円位。

②スポイト付き接合器のゴム帽に水を満たしておき、アンモニアを捕集した丸底フラスコの丸底部分を上にしたまますばやく取り付ける。

③接合器のガラス管の先端は、ビーカーの底につくくらいに深く入れる。スポイト付き接合器のゴム帽に水を満たして取り付け、水を勢い良く押し出して、赤色の噴水がフラスコ中に上がるのを観察する。



2 ガスバーナーの使い方

※実験書……ガスバーナーの使い方参照

3 危機対応

(1) 火傷

火傷した場合その部分を多量の水道水、水、氷水で痛みを感じなくなるまで十分冷やし、医療機関に連絡し指示を受ける。

III 実施後の留意事項

1 試験管の回収

- (1) 塩化カルシウムのついた試験管は、同時に生成された水により急冷され割れやすくなっているので、良く試験管が冷えてからスタンドから取り外す。



試験管の汚れが落ちにくいときには 6mol/L の塩酸で洗う。

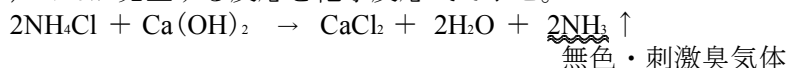
↓
廃液は廃液入れのポリタンクに捨てる。

- (2) (1)の④で残った濃塩酸は廃液用のビーカーにあらかじめ水を入れておき、静かに捨てさせる。
細かい傷が残った試験管は再加熱した時、破損が生じるので加熱用に再利用するのは避けた方が安全である。

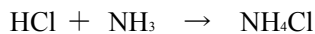
IV その他

1 実験書の考察の解答

- (1) NH_3 が発生する反応を化学反応式で示せ。



- (2) 濃塩酸のついたガラス棒を近づけたときの反応を化学反応式で示せ。



- (3) (2) の①および (3) からアンモニアのどのような性質がわかるか。

アンモニアは水に溶けやすい。(3) ではアンモニアの水に対する溶解度が大きいため、アンモニアがビーカーの水に瞬時に溶けて、フラスコ内が減圧されるためビーカーの水が吸い上げられ噴水を生じる。

- (4) (2) の②からアンモニアのどのような性質がわかるか。

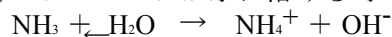
水に溶けて弱塩基性(赤色リトマス紙を青変、フェノールフタレイン溶液を赤変させる)を示す。

- (5) アンモニアの捕集に乾いた試験管(フラスコ)で、上方置換を用いる理由を説明せよ。

アンモニアは水に溶けやすく、分子量が、空気($\text{N}_2 = 28$ の 80% + $\text{O}_2 = 32$ の 20%) = 28.8 に対し、 $\text{NH}_3 = 17$ で空気より軽いいため、乾いた試験管(フラスコ)を使用し、上方置換で捕集する。

2 補足資料

- (1) アンモニアが水に溶ける時の反応式



- (2) アンモニア NH_3 の性質。

融点	- 77.7 °C	毒性	あり, 刺激臭
沸点	- 33.4 °C	分子量	17.03

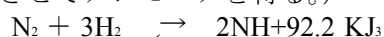
溶解度 mL/水 1mL 0 °C 1013hPa 下で 476.8

これは、二酸化炭素 1.71 と比較しても水に非常に溶けやすい。

空気より軽い。(空気の重さの 0.6 倍)

- (3) アンモニアの工業的製法・・・ハーバー・ボッシュ法(1913年)

(窒素と水素を、温度 400 ~ 500 °C と約 $2 \sim 3.5 \times 10^7 \text{Pa}$ の高圧下で Fe_3O_4 を触媒とし、直接反応させてアンモニアを得る。)



アルカリ金属とアルカリ土類金属

年 組 番 氏名

【目的】アルカリ金属の代表としてナトリウム、カルシウムの性質を、アルカリ土類金属の代表としてカルシウムの化合物の性質を調べる。また、アルカリ金属・アルカリ土類金属の特性である炎色反応を観察する。

【準備】器具：試験管、ビーカー、ピンセット、ガラス板、ろ紙、時計皿、二また試験管、ゴム栓付き曲管、白金線（ニクロム線）、ガスバーナー、試験管はさみ

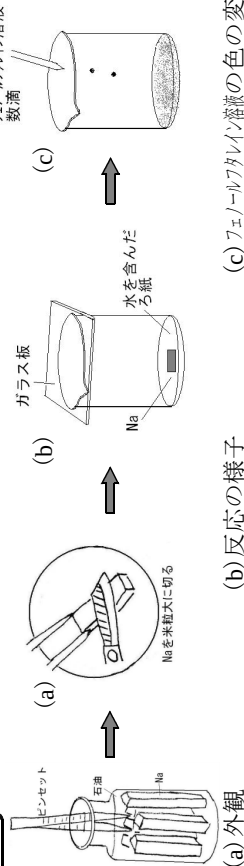
薬品：ナトリウム Na、水酸化ナトリウム NaOH、炭酸カルシウム（石灰石） CaCO_3 、水酸化カルシウム $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 水溶液（石灰水）、塩酸 HCl (6mol/L・濃)、塩化ナトリウム NaCl ・塩化リチウム LiCl ・塩化カリウム KCl ・塩化カルシウム CaCl_2 ・塩化ストロンチウム SrCl_2 ・塩化バリウム BaCl_2 ・塩化銅(II) CuCl_2 > 各 5% 水溶液、フェノールフタレイン溶液

【実験】

1 金属Naの性質

- (a) Na を石油（灯油）の中から取り出し、米粒大に切る。切断直後の切断面を観察する。
- (b) ビーカーに水で湿らせたろ紙を敷き、米粒大に切った Na を入れ、ガラス板ですばやくふたをする。
- (c) 反応終了後、ろ紙の上にフェノールフタレイン溶液を数滴加える。

注意 Na を直接手で触ったり、水でぬれている器具で扱ってはならない。



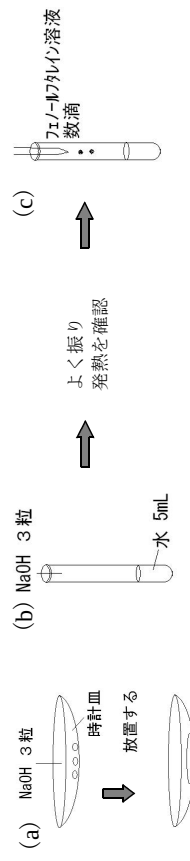
(b) 反応の様子

(c) フェノールフタレイン溶液の色の変化

2 NaOH(粒)の性質

- (a) NaOH 3 粒を時計皿にとり、そのまま放置する。
- (b) 試験管に水を約 5mL とり、NaOH 3 粒を加え溶かす。さらにフェノールフタレイン溶液を数滴加える。

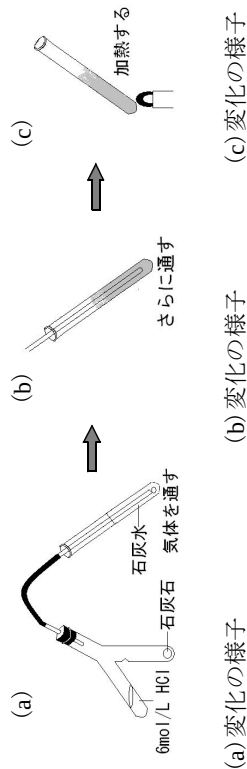
注意 NaOH を直接手で触ってはならない。



(a) 変化の様子

(b) 試験管に触れたときの様子 (c) フェノールフタレイン溶液の色の変化

- 3 弱酸の塩+強酸
二また試験管で石灰石 CaCO_3 1g と 6mol/L HCl 5mL を反応させ、発生した気体を石灰水 3mL に通す。



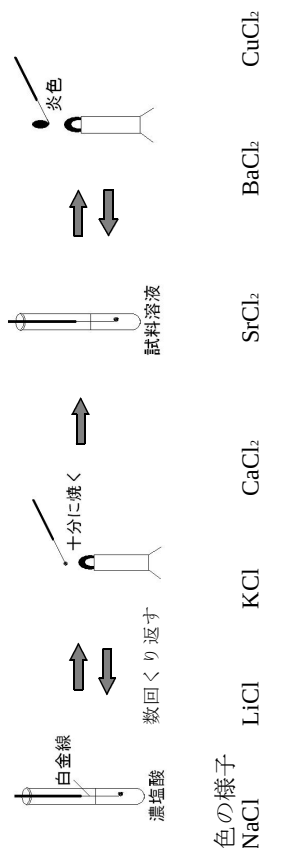
(a) 変化の様子

(b) 変化の様子

(c) 変化の様子

4 炎色反応

各溶液の炎色反応を調べる（試料液を替えるごとに濃塩酸で白金線を焼く）。



色の様子

NaCl

LiCl

KCl

CaCl₂

SrCl₂

BaCl₂

CuCl₂

【考察】

- 1 実験 1 の金属 Na を水の入れたときの変化を化学反応式で示せ。

- 2 実験 2 の NaOH 粒が空气中で溶けることを何というか。

- 3 実験 3 の変化を化学反応式で示せ。

- 4 炎色反応の覚え方

Li Na K Ca Sr Ba

アルカリ金属とアルカリ土類金属

I 準備における留意事項

1 使用器具

試験管, 100mL ビーカー, ピンセット, ガラス板 (ビーカーの口より大きく), ろ紙 (直径 70mm), 時計皿, 二また試験管, ゴム栓付き曲管, 白金線 (ニクロム線), ガスバーナー, 試験管ばさみ

2 使用する試薬等

ナトリウム Na, 水酸化ナトリウム NaOH, 炭酸カルシウム (石灰石) CaCO_3
 水酸化カルシウム Ca(OH)_2 水溶液 (石灰水), 塩酸 HCl (6mol/L・濃), フェノールフタレイン液
 炎色反応用溶液
 塩化ナトリウム NaCl, 塩化リチウム LiCl, 塩化カリウム KCl, 塩化カルシウム CaCl_2
 塩化ストロンチウム SrCl_2 , 塩化バリウム BaCl_2 , 塩化銅 (II) CuCl_2 の 各 5% 水溶液

ナトリウム (Na) 【劇物】【危：第三類】

性質	・銀白色の軟かい軽金属。 ・ナイフ等で容易に切れ, その切断面はすぐに空気酸化されて鈍い灰色に変色する。
保管	・常に石油 (灯油) 中に保管 (水との接触により発火)。 ・密封する。
毒性 危険性	・湿気または発汗している皮膚につくと反応熱で火傷やアルカリ薬傷を起こす。 ・酸化性物質とは激しく爆発的に反応する。
廃棄	・廃棄物処理業者に委託する。
注意	・加熱したナトリウムは空気中で自発的に発火。 ・長時間空気にふれると爆発性の過酸化ナトリウムを生成する。 ・水, 二酸化炭素などの消火薬剤と激しく反応する。

水酸化ナトリウム (NaOH) 【劇物】

性質	・白色粒状で無臭, 潮解性がある。 ・不燃性だが, 湿気や水に接触すると, 可燃性物質の発火に十分な熱を発生する。 ・強塩基であり, 酸と激しく反応する。 ・湿った空気中で亜鉛, アルミニウム, スズ, 鉛などの金属を腐食する。
保管	・乾燥, 密封, 耐腐食性のコンクリートの床のある場所に貯蔵する。 ・常温でポリ容器に保管し, 容器は密閉する。 ・水溶液をガラス容器に入れた場合は栓はゴム栓やシリコン栓を使用する。
毒性 危険性	・皮膚に触れると皮膚を激しく侵し, 目に入ると失明のおそれがある。 ・濃厚液を飲めば口内, 食道, 胃などの粘膜が侵され危険。 ・固体でも液体でも体の組織に対して強い腐食性を示す。
廃棄	・水に溶解して希薄水溶液とし, 酸で中和させた後, 多量の水で希釈処理する。 ・廃棄物処理業者に委託する。
注意	・皮膚に付着した場合は多量の水で洗い流す。 ・目に入った場合は清潔な水で十分洗浄し, 眼科医の処置を受ける。 ・身体とのあらゆる接触を避ける。 ・保護手袋, 保護めがねを使用する。

塩酸 (HCl) 【劇物】	
性質	・強酸であり、塩基と激しく反応し、腐食性を示す。 ・酸化剤と激しく反応し、有毒なガス(塩素)を生成する。 ・多くの金属を侵し、塩化物と水素ガス(可燃性の気体)を生成する。
保管	・塩基、酸化剤(特に硝酸、塩素酸塩)、可燃物、硫化物などから離して貯蔵する。 ・直射日光を避け、40℃以下に保ち、換気のよい場所に保管する。
毒性 危険性	・眼、皮膚、気道に対して刺激性を有する。 ・強酸性で、金属と反応して発生した水素と空気が混合して、爆発性気体を生ずる。
廃棄	・水に溶解して希薄水溶液とし、アルカリで中和させた後多量の水で希釈処理する。 ・廃棄物処理業者に委託する。
注意	・皮膚に付着した場合は多量の水で洗い流す。 ・目に入った場合は清潔な水で十分洗浄し、眼科医の処置を受ける。 ・保護手袋、保護衣、保護めがねを使用する。

塩化バリウム (BaCl ₂ ・2H ₂ O) 【劇物】	
性質	・無色(白色)へん平な四角形の結晶または粉末、通常2水塩。
保管	・食品や飼料から離す。
毒性 危険性	・拡散すると浮遊粒子が急速に有害濃度に達することがある。 ・水生生物に対して毒性がある。
廃棄	・廃棄物処理業者に委託する。 ・保護手袋、保護めがねを使用する。

3 試薬の調整

(1) ナトリウム

実験直前に配付する。ナトリウムを切る時はろ紙をひき、カッター等の刃物(解剖用メスが便利)とピンセットを用いて切る。

(2) フェノールフタレイン溶液

フェノールフタレイン 1g を 95%のエタノール 90mL に溶かし、純水を加えて 100mL にする。

(市販あり：1%、100mL で 1,980 円)

(3) 水酸化ナトリウム

空気に触れると溶ける(潮解性)ので、これも使用する直前に時計皿を使用して配付。

(4) 炭酸カルシウム(別名：石灰石、大理石)

大きな固まりしかない場合は鉄製すり鉢や金槌で砕く。

(5) 水酸化カルシウム溶液(石灰水)

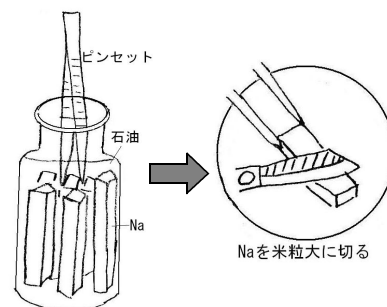
飽和水溶液を用いる。飽和水溶液の作り方は、純水に過剰の水酸化カルシウムを加えてよく振り、その上澄み液をとる。すぐには二層に分かれないので、使用する前日には加えておく。また、作りおきをするといよい。(溶解度 0.16g/100g 水)

(6) 6mol/L塩酸

濃塩酸は 12mol/L である。6mol/L 溶液の作り方は濃塩酸 1 に対して純水 1 の割合で薄める。薄める時は、純水を最初に量り、その中に濃塩酸を加えるようにする。

(7) 炎色反応用の5%水溶液

すべて同じ方法で作る。溶質(塩化ナトリウムなどの試薬) 5g を量り、これを 95g (95mL) の純水に溶かす。

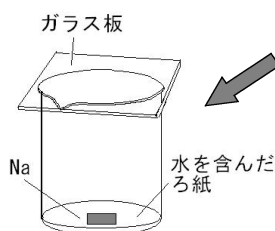


II 実施上の留意事項

1 金属ナトリウムの性質について



- ・ナトリウムは直接手で触ったり、水で濡れている器具では使わない。
- ・反応が終わっているように見えても最後にはじける場合があるので、しばらくガラス板をしたまま放置する。



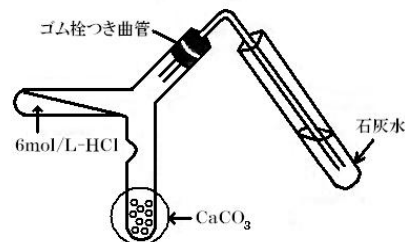
- ・ビーカーに一度水を入れて捨てるとろ紙のぬれ具合がちょうどよい。反応が進まない場合は、ビーカーの注ぎ口から洗びんで水を1～2滴入れる。

2 水酸化ナトリウムの性質について

- ・水酸化ナトリウムは直接手で触ってはいけない。
- ・時計皿から試験管に入れるときは、必ずピンセットを使用する。

3 石灰石と塩酸の反応について

- ・二また試験管に試薬等を入れる場合、くぼみがある方に固体（炭酸カルシウム）、くぼみのない方に液体（6mol/L 塩酸）を入れる。
- ・各試薬を入れる手順は最初に炭酸カルシウム、次に塩酸で、塩酸は少し二また試験管を斜めにして、駒込ピペットで入れるとよい。



ワンポイントアドバイス

- ・飽和石灰水を使用すると1分15秒ぐらいで透明になる。実験時間を短縮したい場合は、石灰水を薄めるとよい。（石灰水7に対して純水3の割合だと50秒ぐらい）
- ・誘導管は事前に二また試験管とあわせておく。ゴム栓のサイズが合わないこともある。

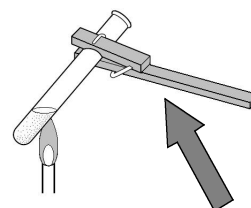
4 加熱の方法について

(1) ガスバーナーの使い方

※実験書……ガスバーナーの使い方参照

(2) 試験管の加熱方法

- ・試験管に入れる容積の量は、試験管の長さの1/4以下にする。
- ・試験管の上部1/4あたりを試験管ばさみではさみ、試験管を少し傾ける。
- ・試験管の口は人がいない方向に向ける。
- ・加熱は試験管の底ではなく、やや上を炎の外炎にかざし、穏やかに軽く振って均一にあたためる。



試験管ばさみは、はさむ部分の長い方を下にして、はさみを親指で押さえない。落下防止のため。
突沸に注意！

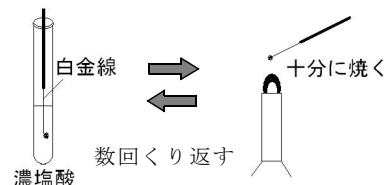
5 炎色反応について

- ・白金線がない場合はニクロム線（電熱器に使われている）でもよい。

＜参考＞白金線（ホルダー付き）	2,500 円
白金線のみ（0.3mm × 10cm）	4,000 円
白金線ホルダー（柄付 215mm）	500 円



- ・白金線は溶液をかえるごとに水でよく洗い、さらに濃塩酸につけ、ガスバーナーで色がなくなるまで加熱する。それから、新しい試料液につける。



この時、濃塩酸が手につかないように気をつける。



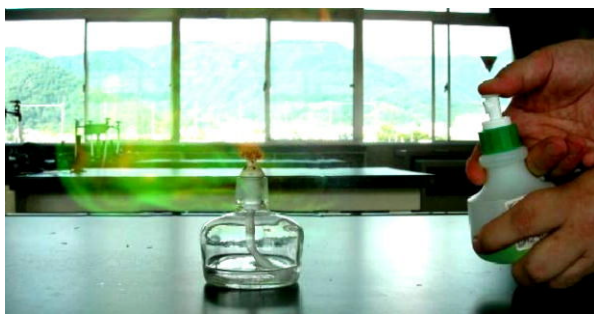
ワンポイントアドバイス

炎色反応で使う濃塩酸や各溶液は、No. 入り試験管等を使って班ごとに配付すると時間が短縮できる。

＜補足 1＞ Na と K の混合溶液中では、コバルトガラスを透すと、Na の色が吸収されるので、K がはっきり見分けられるという利点がある。
 この場合、1 枚より 2 枚で透した方がよりわかりやすい。
 コバルトガラス (60 × 60mm 厚さ 2mm) 1 枚 1,000 円



コバルトガラス



霧吹きとアルコールランプを使った炎色反応の例

＜補足 2＞

炎色反応を演示実験で行う場合は、霧吹きを使うと便利である。エタノール 50mL に対して、炎色反応用の溶液 1mL ぐらい。
 調整したら、アルコールランプの炎に向けて噴射して、色のつき具合を確認する。



実験を行う際は、周囲に燃えるものがないかどうか、また生徒の安全に配慮して行う。

6 危機対応

(1) 火傷

火傷した場合その部分を多量の水道水、冷水、氷水で痛みを感じなくなるまで十分冷やす。火傷の状態により、医療機関に連絡し指示を受ける。

(2) 塩酸（酸）や水酸化ナトリウム（アルカリ）

皮膚や衣服についた時は、ただちに多量の水でよく洗う。また、目に入った時は、目をあけたまま何回も水洗いする。

実験・実習中に事故が発生し人身に被害が生じた場合、まず被災者を救出し、さらに応急処置を施して医師の診療を受けさせる。また、災害の拡大を防止する処置をとる。

III 実施後の留意事項

- ・ナイフに付着した金属 Na は水槽等の水に入れ、完全に反応させてから片付ける。また、ビーカーに入れた金属 Na も Na が完全に反応し終わっていることを確認してから片付けに入る。
- ・使用したろ紙は燃えるゴミに出す。
- ・溶液はすべて回収し、廃棄物処理業者に委託処理をお願いする。

IV その他

1 実験原理

(1) 金属ナトリウムの性質

- (a) 外観・・・最初は銀白色の金属光沢を示すが、空気中ではただちに酸化されて灰色になる
- (b) 水との反応・・・激しく反応する 反応式： $2\text{Na} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NaOH} + \text{H}_2$
- (c) フェノールフタレインの色の変化・・・赤紫色になる（塩基性）

(2) 水酸化ナトリウムの性質

- (a) 空気との反応・・・空気中の水分を吸収して溶ける（潮解性）
- (b) 水との反応・・・試験管の水が温くなる（発熱する）
- (c) フェノールフタレインの色の変化・・・赤紫色になる（塩基性）

(3) 炭酸カルシウムの性質

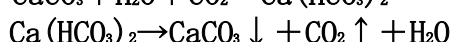
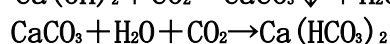
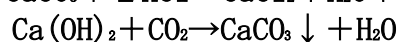
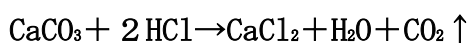
- (a) 塩酸との反応・・・石灰水は白濁（二酸化炭素の発生）
- (b) さらに二酸化炭素を加えた時の変化・・・透明になる
- (c) 加熱時の変化・・・白濁

二また試験管の反応

試験管の反応・CO₂を通じ始めた時

試験管の反応・CO₂を通じ続けた時

試験管の反応・加熱した時



(4) 炎色反応(色の様子)

NaCl	LiCl	KCl	CaCl ₂	SrCl ₂	BaCl ₂	CuCl ₂
黄 色	深紅色	淡紫色	橙赤色	深赤色	黄緑色	青緑色

< 炎色反応の覚え方 >

Li 赤 リ	Na 黄 ナ	K 紫 ケイ	Cu 緑 ドウ	Ca 橙 カル	Sr 紅 スルも	Ba 緑 バ
------------------	------------------	------------------	-------------------	-------------------	--------------------	------------------

2 おまけのQ & A

Q アルカリ金属とは？

A 水素以外の1族元素をアルカリ金属という。アルカリ金属の原子は、価電子を1個もち、第1イオン化エネルギーが小さく、1価の陽イオンになりやすい。アルカリ金属の単体は、いずれも融点の低い銀白色の軽金属で、強い還元作用を示す。フランシウムには安定同位体が存在しない。また、きわめて反応性に富み、常温で水と激しく反応して水酸化物を生じ、水素を発生する。水酸化物は、強い塩基性を示す。原子番号の大きいもののほど反応性が大きい。

Li (リチウム) Na (ナトリウム) K (カリウム) Rb (ルビジウム)
Cs (セシウム)

Q アルカリ土類金属とは？

A ベリリウム、マグネシウム以外の2族元素をアルカリ土類金属という。2族元素の原子は、価電子を2個もち、2価の陽イオンになりやすい。アルカリ土類金属は常温の水と反応し、炎色反応を示す。

Ca (カルシウム) Sr (ストロンチウム) Ba (バリウム)

Q 炎色反応とは？

A アルカリ金属やアルカリ土類金属、銅などの塩を炎の中に入れるとそれぞれ特有の色を示す反応のこと。金属の定性分析や、花火の着色に利用されている。

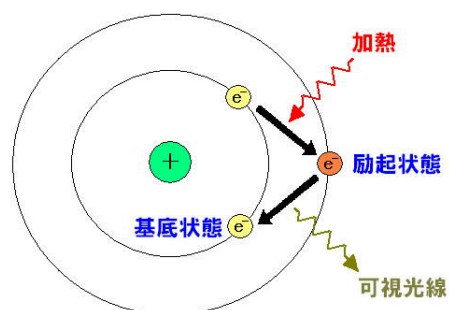
Q 炎色反応の原理は？

A 右図のように、熱エネルギーで外殻へ励起した電子が基底状態へ戻る際に生じる発光が炎色反応である。

例えば、Na では、3s と 3p の遷移によって生じる波長 589nm の黄色が観測される。そこで、この波長差を $E=h\nu=hc/\lambda$ によってエネルギー差に直すと、

- Planck 定数 $h=6.626 \times 10^{-34}$ [J・s]
- 光速 $c=2.998 \times 10^8$ [m/s]
- $1\text{eV}=1.602 \times 10^{-19}\text{J}$

なので、2.105eV となる。これが、3s と 3p 軌道のエネルギー差である。



Q 炎色反応と花火の関係は？

A 炎色反応を利用したものが花火である。花火は火薬を固めて作られた丸い火薬玉の中に、火薬と様々な色を発する物質の粉を混ぜて作った丸い固まり (星という) が散りばめられたものである。

発 色	使用する物質
赤	炭酸ストロンチウム, 硝酸ストロンチウム
オレンジ	炭酸カルシウム, 硫酸カルシウム
緑	硝酸バリウム, 炭酸バリウム
青	硫酸銅, 銅粉
黄	シュウ酸ナトリウム

銅イオン Cu^{2+} と銀イオン Ag^+ の反応

I 準備における留意事項

1 使用器具

試験管，試験管立て，駒込ピペット，試験管ばさみ，ガスバーナー，マッチ

2 使用する試薬等

0.1 mol/L 硫酸銅（Ⅱ）水溶液，6 mol/L アンモニア水，濃アンモニア水，2mol/L 塩酸
2 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液，0.1 mol/L 硝酸銀水溶液，5%塩化カリウム水溶液
5% 臭化カリウム水溶液，5% ヨウ化カリウム水溶液，0.1mol/L 硫化ナトリウム水溶液
0.1 mol/L クロム酸カリウム水溶液

硫酸銅 ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) 【劇物】	
性質	・ 青色の結晶又は結晶状の細粒又は粉末結晶。
保管	・ 密栓して乾燥した冷暗所に保管する。
毒性 危険性	・ 経口摂取，吸入により中等度の毒性。 ・ 不燃性であり，通常の取扱で引火，発火，爆発などの危険性はない。 ・ 眼，皮膚，粘膜に接触すると刺激が現れることがある。
廃棄	・ 廃棄物処理業者に委託する。
注意	・ 加熱すると分解して SO_2 の有毒なガスを発する。 ・ 保護手袋，保護めがねを使用する。 ・ 30°C で 2 分子の水を， 110°C でさらに 2 分子の水を失い， 290°C で無水物。 ・ 無水物は白色の粉末。

アンモニア水 (NH_3) 【劇物】	
性質	・ 揮発性の高い無色のアンモニア水溶液，強い刺激臭，強アルカリ性。 ・ 沸点 (25%) 38°C ，融点：(25%) -58°C ，比重 (水=1)：(25%) 0.9
保管	・ 酸化剤，酸，ハロゲン類から離す。 ・ 換気のよい冷暗所に密封して保管する。 ・ 濃い溶液では圧力が高まることもあるので，噴出に注意しながら開ける。
毒性 危険性	・ 皮膚，粘膜に対する刺激および腐食性が強く組織の深部に達しやすい。 ・ 高濃度のアンモニア水が目にはいると視力障害を起こすことがある。
廃棄	・ 希塩酸・希硫酸などで中和し，多量の水で薄めて処理する。
注意	・ 換気を良くし，保護手袋，保護めがねを使用して扱う。 ・ 皮膚に付いたときには多量の水で洗い流す。 ・ 目に入った場合は多量の水でよく洗い流し，眼科で手当てを受ける。 ・ 高濃度の蒸気を吸入しないこと。

硝酸銀 (AgNO_3) 【劇物】 【危：第一類】	
性質	・ 無臭，無色の透明または白色の結晶。 ・ 腐食性，強力な酸化剤。
保管	・ 可燃性物質，還元性物質から離す。 ・ 暗所に密封保管する。
毒性 危険性	・ 有毒であり，皮膚や粘膜を腐食する。 ・ 目に粉末や濃い溶液が入ると粘膜に激しい炎症を起こす。 ・ 皮膚に付着すると銀が析出して黒くなる。
廃棄	・ 廃棄物処理業者に委託する（危険性，有害性を充分告知の上処理を委託）。
注意	・ 可燃物と接触して加熱を受ければ発火爆発を起こすおそれがある。 ・ 光分解性……純粋であれば光化学反応を起こさない。 ・ 熱分解性…… 445°C に赤熱すると分解して銀を遊離する。

水酸化ナトリウム (NaOH)【劇物】	
性質	・白色粒状で無臭，潮解性がある。 ・不燃性だが，湿気や水に接触すると，可燃性物質の発火に十分な熱を発生する。 ・強塩基であり，酸と激しく反応する。 ・湿った空气中で亜鉛，アルミニウム，スズ，鉛などの金属を腐食する。
保管	・乾燥，密封，耐腐食性のコンクリートの床のある場所に貯蔵する。 ・常温でポリ容器に保管し，容器は密閉する。 ・水溶液をガラス容器に入れた場合は栓はゴム栓やシリコン栓を使用する。
毒性 危険性	・皮膚に触れると皮膚を激しく侵し，目に入ると失明のおそれがある。 ・濃厚液を飲めば口内，食道，胃などの粘膜が侵され危険。 ・固体でも液体でも体の組織に対して強い腐食性を示す。
廃棄	・水に溶解して希薄水溶液とし，酸で中和させた後，多量の水で希釈処理する。 ・廃棄物処理業者に委託する。
注意	・皮膚に付着した場合は多量の水で洗い流す。 ・目に入った場合は清潔な水で十分洗浄し，眼科医の処置を受ける。 ・身体とのあらゆる接触を避ける。 ・保護手袋，保護めがねを使用する。

塩化カリウム (KCl)	
性質	・白い結晶又は粉末。 ・いくぶん吸湿性がある。 ・水に非常によく溶ける。
保管	・直射日光を避け，風通しのよい場所に密閉して保管する。
毒性 危険性	・通常の手扱い条件下では安定（食品添加物や医薬用としても使用されている）。 ・不燃性。 ・消防法，毒物及び劇物取締法の適用を受けない。
廃棄	・少量の場合には水に溶解し多量の水と共に排出処分する。 ・廃棄物処理業者に委託する。
注意	・通常扱いでは危険性は少ない。

クロム酸カリウム (K ₂ CrO ₄)【劇物】	
性質	・黄色の結晶。 ・溶液は橙赤色。
保管	・熱，日光を避け，風通しのよい場所に密閉して保管する。 ・酸化性が強いので，可燃性物質，還元性物質と混触しない。
毒性 危険性	・通常の手扱い条件下では安定。 ・重篤な皮膚の薬傷，眼の損傷の危険がある。 ・吸入するとアレルギー，喘息又は呼吸困難を起こすおそれがある。
廃棄	・産業廃棄物処理業者に危険性，有害性を充分告知の上委託する。
注意	・水生生物に非常に強い毒性がある。 ・直接河川等に排出したり，そのまま埋め立てたり投棄してはいけない。

臭化カリウム (KBr)	
性質	・ 白い結晶又は粉末。 ・ いくぶん吸湿性がある。 ・ 水に非常によく溶ける。
保管	・ 直射日光を避け、風通しのよい場所に密閉して保管する。
毒性 危険性	・ 通常の手扱い条件下では安定。 ・ 不燃性。
廃棄	・ 少量の場合には水に溶解、多量の水と共に排出処分する。 ・ 産業廃棄物処理業者に委託する。
注意	・ 通常扱いでは危険性は少ない。

ヨウ化カリウム (KI)	
性質	・ 白～無色のわずかに潮解性がある固体。 ・ 水に溶け、空気に触れるとヨウ素を遊離して黄色に変わる。
保管	・ 直射日光を避け、冷乾燥場所に密栓して保管する。
毒性 危険性	・ 誤って飲んだ場合、過敏体質の人はヨード中毒症を起こすことがある。 ・ 危険有害性分類基準に該当しない。 ・ 消防法危険物には該当せず、引火性はない。
廃棄	・ 過剰の水で溶解し pH を中性に調整し大量の水と共に流す。 ・ 産業廃棄物処理業者に委託する。
注意	・ 通常の状態では特記すべき危険性は少ない。

塩酸 (HCl) 【劇物】	
性質	・ 強酸であり、塩基と激しく反応し、腐食性を示す。 ・ 酸化剤と激しく反応し、有毒なガス(塩素)を生成する。 ・ 多くの金属を侵し、塩化物と水素ガス(可燃性の気体)を生成する。
保管	・ 塩基、酸化剤(硝酸、塩素酸塩)、可燃物、硫化物などから離して貯蔵する。 ・ 直射日光を避け、40℃以下に保ち、換気のよい場所に保管する。
毒性 危険性	・ 眼、皮膚、気道に対して刺激性を有する。 ・ 金属と反応して発生した水素と空気が混合して、爆発性気体を生ずる。
廃棄	・ 希薄水溶液とし、アルカリで中和させた後多量の水で希釈処理する。 ・ 廃棄物処理業者に委託する。
注意	・ 皮膚に付着した場合は多量の水で洗い流す。 ・ 目に入った場合は清潔な水で十分洗浄し、眼科医の処置を受ける。 ・ 保護手袋、保護衣、保護めがねを使用する。

硫化ナトリウム (Na_2S)	
性質	- 特徴的な臭気のある、白～黄色の結晶。 - 潮解性がある（市販品は通常結晶水をもつ）。 - 水に可溶で水溶液は強アルカリ性。
保管	酸、酸化剤から離し、換気のよい冷暗所に保管する。 - 乾燥。
毒性 危険性	水、熱に不安定。 - 急速な加熱や衝撃で爆発する。
廃棄	産業廃棄物処理業者に危険性、有害性を充分告知の上委託する。
注意	- 結晶水を含み、加熱すると水が蒸発する。 - 無水の硫化ナトリウムは自然発火する。

3 試薬の調製

(1) 0.1 mol/L硝酸銀 (AgNO_3 : 169.9) 水溶液

硝酸銀 1.7 g を純水に溶かして 100mL にする。



硝酸銀水溶液を皮膚につけると黒く変色し、洗っても落ちない。数日たてば自然に汚れもとれるが手袋を使用すると良い。
※皮膚に沈着した銀塩は光触媒下還元されて金属銀となり、次に酸化されて皮膚の灰色化の原因である硫化銀となる。

(2) 6 mol/Lアンモニア水 (NH_3 : 17.0) ※濃アンモニア水 : 15 mol/L

市販の濃アンモニア水 40mL を保護手袋をしてはかり、純水を加えて 100mL にする。

(3) 2mol/L塩酸 (分子量 : 36.5) ※濃塩酸 : 12 mol/L

市販の濃塩酸 16.7mL を、保護手袋をして慎重にはかりとる。純水50mLの中に濃硫酸を徐々に加え、よく攪拌した後に温度が下がったら、更に水を加えて全体を 100mL にする。



- 濃塩酸のビンを開けると白い煙が上がるが、塩化水素が揮発したもので、吸い込むと危険なので、調整は十分に換気した状態で行うこと。
- 薄めるときは、水と反応して発熱するので、必ず水に塩酸を少量ずつガラス棒を伝わせて入れること。

(4) 2 mol/L水酸化ナトリウム (NaOH : 40.0) 水溶液

水酸化ナトリウム 8.0 g をはかり、純水を加えて 100mL にする。



- 空気中の水蒸気を吸収する性質（潮解性）があり、放置しておくで溶けてベタベタになるため、薬品びんのふたはすぐ閉める。
- 皮膚や衣服を侵すので取り扱いには十分注意し、手や衣服などについた場合は多量の水で洗い流すこと。万が一目に入った場合は、多量の水で洗い流すとともに、すぐに病院等で処置を受ける。

(5) 0.1mol/L硫酸銅 ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$: 249.7) 水溶液

硫酸銅 2.5g を純水を加えて 100mL にする。

(6) 5%塩化カリウム (KCl : 74.6) 水溶液

5g をはかり、純水を加えて 100g にする。

(7) 5%臭化カリウム (KBr : 119.0) 水溶液

5g をはかり、純水を加えて 100g にする。

(8) ヨウ化カリウム5%水溶液

5g をはかり、純水を加えて 100g にする。

- (9) 0.1mol/L 硫化ナトリウム ($\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$: 240.1) 水溶液
2.4g をはかり、純水を加えて 100mL にする。
- (10) 0.1mol/L クロム酸カリウム (K_2CrO_4 : 194.2) 水溶液
1.94g をはかり、純水を加えて 100mL にする。

II 実施上の留意事項

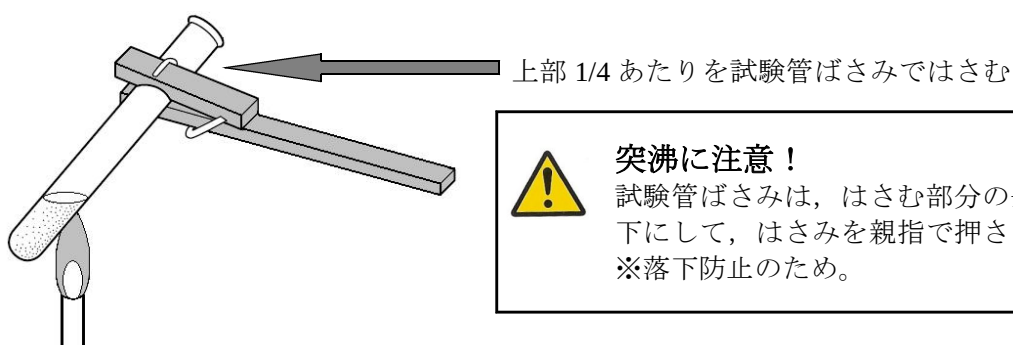
1 操作②a 硫酸銅(Ⅱ)水溶液の加熱

(1) ガスバーナーの使い方

実験化学実験基本操作を参照

(2) 試験管の加熱方法

- ・試験管に入れる容積の量は、試験管の長さの 1/4 以下にする。
- ・試験管の上端を試験管ばさみではさみ、試験管を少し傾ける。試験管の口は人がいない方向に向ける。
- ・加熱は試験管の底ではなく、やや上を炎の外炎にかざし、穏やかに軽く振って均一にあたためる。



2 操作④ 硫化ナトリウムの滴下

硫化物イオンの反応に、一般的には硫化水素を使用しているが、硫化水素は有毒であり、危険を伴うことや作り置きができないので、ここでは硫化ナトリウムを用いている。

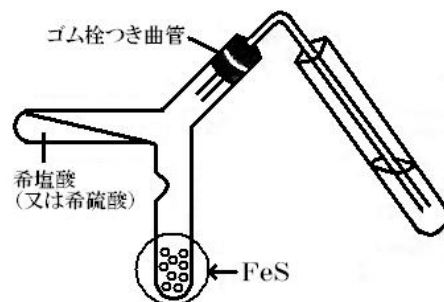


ワンポイントアドバイス

陽イオンの系統分析等では、硫化ナトリウムではなく、硫化アンモニウムを用いる。これは、硫化ナトリウムを使用すると、ナトリウムイオンが入ってしまうため、元の溶液にナトリウムが含まれるかどうかわからなくなってしまうためである。
※硫化水素が発生する実験はドラフト中で行う。

※硫化水素を使用する場合

- ・二また試験管に試薬等を入れる場合、くぼみがある方に固体（硫化鉄(Ⅱ)）、くぼみのない方に液体（希塩酸又は希硫酸）を入れる。
- ・各試料を入れる手順は最初に硫化鉄(Ⅱ)、次に塩酸で、塩酸は少し二また試験管を斜めにして、駒込ピペットで入れるとよい。
- ・硝酸のような酸化力のある酸は、発生した硫化水素（還元剤）と反応してしまうので、用いることはできない。



III 実施後の留意事項

実験終了後の各溶液には重金属イオンが含まれるため、すべて回収し委託処理する。その際、含まれるイオンによって分離して回収する（「Cu イオンを含む廃液」などのように表示した容器を準備する）。

IV その他

1 実験書の観察結果のまとめ

Q 操作②:0.1mol/L 硫酸銅水溶液・硝酸銀水溶液をそれぞれ 2mL ずつ試験管に入れ, 2mol/L 水酸化ナトリウム水溶液を少量ずつ滴下しながら過剰に加え, 更に a はガスバーナーで加熱(弱火)する?

A a:硫酸銅水溶液の変化は

↓
青白色沈殿 $\text{Cu}(\text{OH})_2$
↓ 加熱
黒色沈殿 CuO

b:硝酸銀水溶液の変化は

↓
暗褐色沈殿 Ag_2O



$\text{Cu}(\text{OH})_2$: 青白色 or 淡青色沈殿
 Ag_2O : 暗褐色 or 褐色沈殿

Q 操作③:0.1mol/L 硫酸銅水溶液・硝酸銀水溶液をそれぞれ 2mL ずつ試験管に入れ, 6mol/L アンモニア水を 1 滴加え,さらに過剰に加える?

A a:硫酸銅水溶液の変化は

↓ 1 滴加える
青白色沈殿 $\text{Cu}(\text{OH})_2$
↓ さらに加える
深青色の溶液 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ (テトラアンミン銅(II)イオン)

b:硝酸銀水溶液の変化は

↓ 1 滴加える
暗褐色沈殿 Ag_2O
↓ さらに加える
無色の溶液 $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ (ジアンミン銀(I)イオン)

Q 操作④: 0.1mol/L 硫酸銅水溶液・硝酸銀水溶液それぞれ 2mL ずつ試験管に入れ, 0.1mol/L 硫化ナトリウム水溶液を少量ずつ滴下する?

A a:硫酸銅水溶液の変化は

↓ 少量
黒色沈殿 CuS

b:硝酸銀水溶液の変化は

↓ 少量
黒色沈殿 Ag_2S

Q 操作⑤: 0.1mol/L 硫酸銅水溶液・硝酸銀水溶液それぞれ 2mL ずつ試験管に入れ, 2mol/L 塩酸を少量加える?

A a:硫酸銅水溶液の変化は

↓ 少量
変化無し

b:硝酸銀水溶液の変化は

↓ 少量
白色沈殿 AgCl (時間がたつと黒色変化)
↓ 過剰のアンモニア水を加える
沈殿物が溶解 $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ (ジアンミン銀(I)イオン)

Q 操作⑥: 5%の塩化カリウム水溶液・臭化カリウム水溶液・ヨウ化カリウム水溶液それぞれ 2mL ずつ試験管に入れ, 0.1mol/L の硝酸銀水溶液を少量加える?さらに日光にあてる?

A a: KCl 水溶液

↓ 硝酸銀水溶液を少量
白色沈殿 AgCl
↓ 光を当てる
黒色

b:KBr 水溶液

↓ 硝酸銀水溶液を少量
淡黄色沈殿 AgBr
↓ 光を当てる
黒色

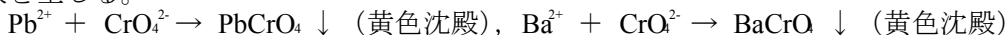
c:KI 水溶液

↓ 硝酸銀水溶液を少量
黄色沈殿 AgI
↓ 光を当てる
黒色

Q 操作⑦: 0.1mol/L のクロム酸カリウム 2mL に 0.1mol/L の硝酸銀水溶液を少量加える?

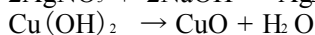
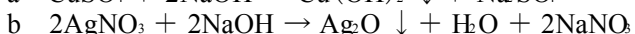
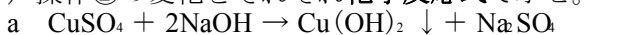
A 赤褐色の沈殿を生じる Ag_2CrO_4

※クロム酸イオンは銀イオン以外にも, 鉛イオン, バリウムイオンと下のような反応で沈殿を生じる。

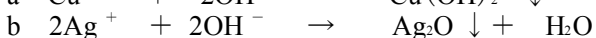
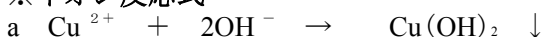


2 実験書の考察のまとめ

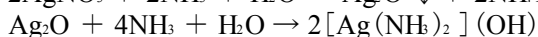
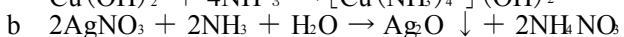
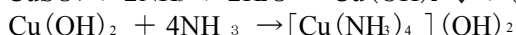
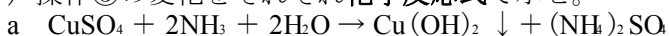
(1) 操作②の変化をそれぞれ化学反応式で示せ。



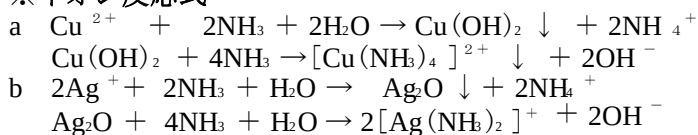
※イオン反応式



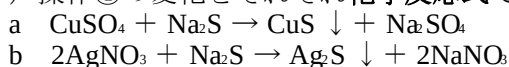
(2) 操作③の変化をそれぞれ化学反応式で示せ。



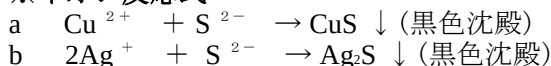
※イオン反応式



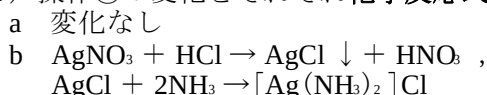
(3) 操作④の変化をそれぞれ化学反応式で示せ。



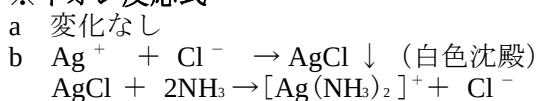
※イオン反応式



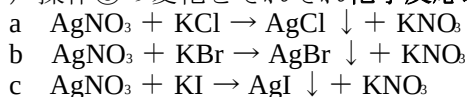
(4) 操作⑤の変化をそれぞれ化学反応式で示せ。



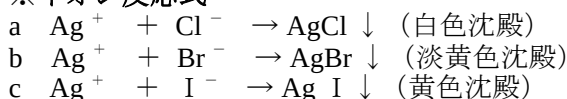
※イオン反応式



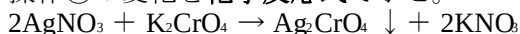
(5) 操作⑥の変化をそれぞれ化学反応式で示せ。



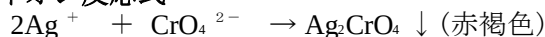
※イオン反応式



(6) 操作⑦の変化を化学反応式で示せ。



※イオン反応式



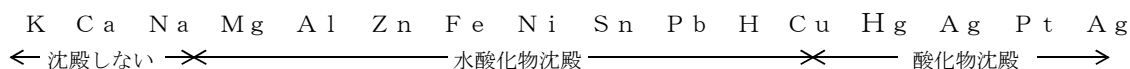
3 おまけのQ & A

Q ハロゲン化銀のうち、フッ化銀 AgF だけが水に溶けるのはなぜか？

A 電気陰性度は、 $\text{Ag} : 1.9, \text{F} : 4.0, \text{Cl} : 3.0, \text{Br} : 2.8, \text{I} : 2.5$ であり、 $\text{AgF}, \text{AgCl}, \text{AgBr}, \text{AgI}$ それぞれの電気陰性度の差は、2.1, 1.1, 0.9, 0.6 である。一般に電気陰性度の差が 1.7 より大きいとイオン結合性の物質といえるが、その差が小さくなるにつれて共有結合性が大きくなり、差が 0 のとき完全な共有結合だと考えることができる。従って、フッ化銀以外のハロゲン化銀の場合、共有結合性が大きいと電離して水に溶けにくいといえる。

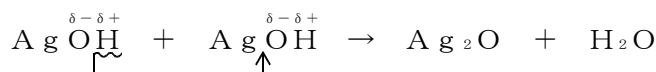
Q 銀と塩基との反応では、水酸化物ではなく酸化物が生じるのはなぜか？

A 一般に塩基と金属イオンとの反応は下のようになる。



$\text{X}-\text{O}-\text{H}$ の構造を持つ化合物の場合、例えば X に陽性元素の Na が入ったときには、 Na が放出した電子を O 原子が受け取り、それぞれ Na^+ と OH^- になって安定化する。一方、 X に非金属の元素、例えば N 原子が入ると、 HNO_3 などのオキソ酸の一部となるが、このとき、 N 原子は陰性元素のため、 $\text{N}-\text{O}$ 間の電子は両方の原子に引き寄せられ、そのため O 原子はより安定になるために H 原子から電子を引き寄せ、結果的に H^+ が生じることになる。

陽性の小さい Ag 原子の場合、これと同様に H^+ が生じやすくなり、これが別の OH の O に引き寄せられ、結果的に水となって離脱する。



メタン・アセチレンの性質

年 組 番 氏 名

【目 的】 代表的な炭化水素の化学的性質の違いを調べる。

【準 備】 器具：試験管、試験管立て、水槽、スタンド、気体誘導管付きゴム栓、

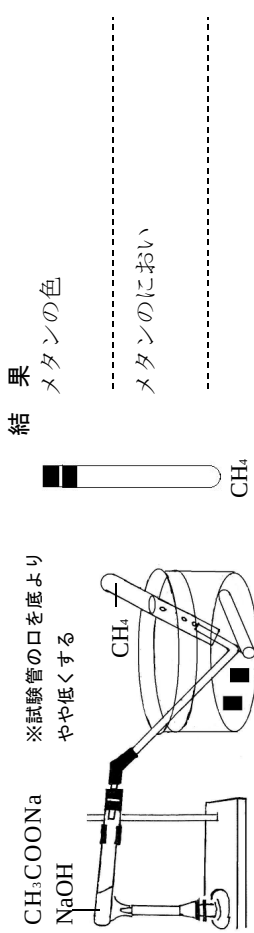
アルミニウム箔、ゴム栓、二また試験管、マッチ

薬品：酢酸ナトリウム CH_3COONa 、水酸化ナトリウム NaOH (ソーダ石灰)

炭化カルシウム (カーバイド) CaC_2 、臭素 Br_2 水

【実験】

(1) 無水酢酸ナトリウム 2g と乳鉢で粉末にした水酸化ナトリウム (ソーダ石灰) 1g を薬包紙の上で混ぜ、試験管に入れ誘導管をつけて加熱する。発生するメタンを水上置換で3本の試験管 (大2・小1) に捕集し、ゴム栓をする。

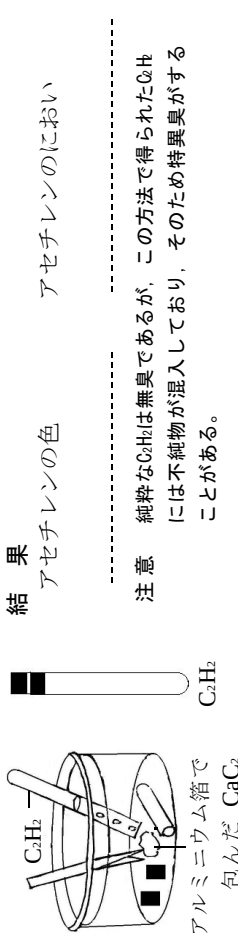


結 果

メタンの色

メタンの色

(2) 大豆粒大の炭化カルシウムをアルミニウム箔で包み、そのアルミニウム箔に小さな穴を開けピンセットではさんで水中に入れる。発生するアセチレンを水上置換で2本の試験管 (大1・小1) に捕集し、ゴム栓をする。

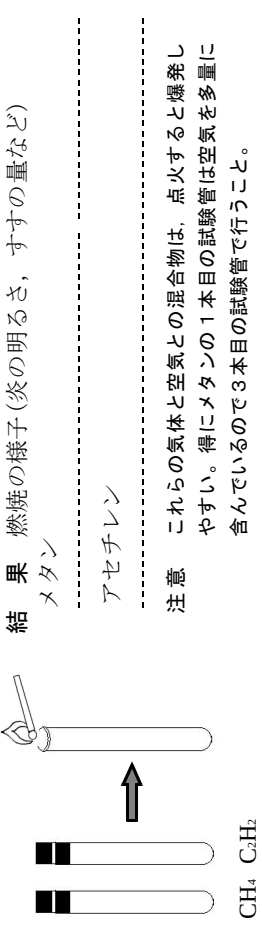


結 果

アセチレンの色

注 意 純粋な C_2H_2 は無臭であるが、この方法で得られた C_2H_2 には不純物が混入しており、そのため特異臭がすることがある。

(3) メタン (3本目)、アセチレンに点火し、燃焼の様子を比較する。



結 果

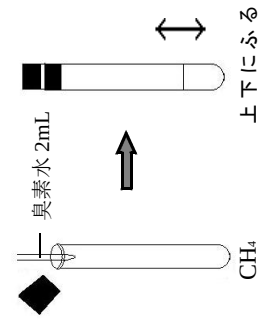
メタン

アセチレン

注 意 これらの気体と空気との混合物は、点火すると爆発しやすい。得にメタンの1本目の試験管は空気を多量に含んでいるので3本目の試験管で行うこと。

(4) ①メタン (2本目) に暗所で、2mL の臭素水を入れてよく振る。
②二また試験管に水と炭化カルシウムを入れ 2mL の臭素水が入った試験管にアセチレンを通す。

①



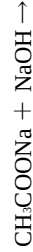
結 果 臭素水の色の変化

①メタン

②アセチレン

【考 察】

1 メタンが生成するときの反応を化学反応式で示せ。



2 炭化カルシウムと水の反応を化学反応式で示せ。

3 メタンとアセチレンが燃焼するとき、炎の明るさ・すすの量などどのように違うか。

4 アセチレンが燃焼するときの反応を化学反応式で示せ。(完全燃焼)

5 臭素水に対するメタンとアセチレンの反応はどのように違うか。その理由を書け。

6 アセチレンと臭素との反応を化学反応式で示せ。

メタン・アセチレンの性質

I 準備における留意事項

1 使用器具

試験管，試験管立て，水槽，スタンド，気体誘導管付きゴム栓，アルミニウム箔，ゴム栓，二また試験管，ピンセット，ガラス棒，ガスバーナー，マッチ

2 使用する試薬

無水酢酸ナトリウム CH_3COONa ，水酸化ナトリウム NaOH (ソーダ石灰)，炭化カルシウム CaC_2 ，臭素 Br_2 水

3 試薬の扱い

酢酸ナトリウム (CH_3COONa)	
性質	・白色，無臭の結晶または結晶性粉末。
保管	・吸湿性があるので，容器を密栓して冷暗所に保管する。
毒性 危険性	・目，肌に炎症を起こすことがある。 ・肌，呼吸器，経口接種等で毒性はないと考えられている。
廃棄	・多量の水に溶解し，pH を調節した後廃棄する。 ・廃棄物処理業者に委託する。
注意	・強酸により分解し酢酸を生じる。

水酸化ナトリウム (NaOH) 【劇物】	
性質	・白色粒状で無臭，潮解性がある。 ・不燃性だが，湿気や水に接触すると，可燃性物質の発火に十分な熱を発生する。 ・強塩基であり，酸と激しく反応する。 ・湿った空气中で亜鉛，アルミニウム，スズ，鉛などの金属を腐食する。
保管	・乾燥，密封，耐腐食性のコンクリートの床のある場所に貯蔵する。 ・常温でポリ容器に保管し，容器は密閉する。 ・水溶液をガラス容器に入れた場合は栓はゴム栓やシリコン栓を使用する。
毒性 危険性	・皮膚に触れると皮膚を激しく侵し，目に入ると失明のおそれがある。 ・濃厚液を飲めば口内，食道，胃などの粘膜が侵され危険。 ・固体でも液体でも体の組織に対して強い腐食性を示す。
廃棄	・水に溶解して希薄水溶液とし，酸で中和させた後，多量の水で希釈処理する。 ・廃棄物処理業者に委託する。
注意	・皮膚に付着した場合は多量の水で洗い流す。 ・目に入った場合は清潔な水で十分洗浄し，眼科医の処置を受ける。 ・身体とのあらゆる接触を避ける。 ・保護手袋，保護めがねを使用する。

ソーダ石灰	
性質	・生石灰を水酸化ナトリウムの濃厚溶液に浸し，加熱してつくる。 ・白色粒状の固形物質（酸化カルシウム約 96%，水酸化ナトリウム約 4%）。 ・強い塩基性。
保管	・吸湿性があるので，容器は密栓して冷暗所に保管する。
毒性	・眼，皮膚，気道に対して強い腐食性を示す。
廃棄	・廃棄物処理業者に委託する。
注意	・保護手袋，保護衣を使用する。

炭化カルシウム・俗称としてカーバイド (CaC ₂) 【危：第三類】	
性質	・酸化カルシウム CaO と炭素 C の混合物の加熱によって得られる。 ・純粋なものは無色，不純なものは灰黒色の正方晶系結晶。
保管	・空気接触厳禁，火気厳禁，禁水なので，冷乾燥場所に密封して保管する。
毒性	・眼，皮膚，気道に対して強い腐食性を示す。
廃棄	・廃棄物処理業者に委託する。
注意	・保護手袋，保護衣を使用する。

臭素水 (Br ₂ 水)	
性質	・臭素の飽和水溶液で，赤褐色。 ・約 3%の臭素を含み，微量の次亜臭素酸も存在する。 ・可燃性物質や還元性物質と激しく反応する。 ・アルカリ性物質と激しく反応し，腐食性を示す。
保管	・容器は遮光して，冷暗所に保管する。 ・アルカリ性のものと接触をさける。
毒性	・蒸気などを吸入しないこと。 ・眼，皮膚につけないこと。
廃棄	・廃棄物処理業者に委託する。
注意	・保護手袋，保護衣を使用する。

4 試薬の調整

(1) 無水酢酸ナトリウム

薬包紙に 2g 量りとり配付。

(2) 水酸化ナトリウム

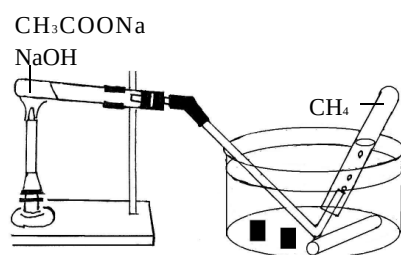
空気に触れると溶ける（潮解性）ので，直前に時計皿を使用して配付。

(3) 炭化カルシウム

大豆粒大を 1 個。大きい塊の場合は塊を布等にくるんで鉄製乳鉢や金槌などを使用して割る。この時，周囲に飛び散る場合もあるので床や机に新聞紙をひくとよい。また，炭化カルシウムは非常に硬く，割りにくいので事前に割っておく。

II 実施上の留意事項

1 メタンの合成について



- ・水にとけにくい気体なので，水上置換（試験管を水で満たしその中に気体を捕集する）
- ・無水酢酸ナトリウムと水酸化ナトリウム（ソーダ石灰）は，薬包紙上でガラス棒を使い，よく混ぜる。
- ・試験管は乾いたものを使用する。
- ・試験管の口を底よりやや低くして加熱する。
- ・捕集し終わったら気体誘導管の先を水から出してから加熱をやめる。気体誘導管の先を水中から出す前にバーナーの火を止めると，水が逆流して試験管が割れることがあるため。

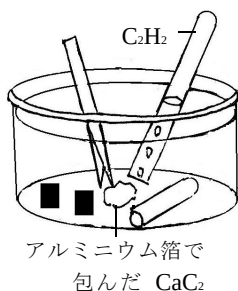
- ・実験を行う時は充分換気を行う。
- ・捕集した試験管のうち最初の 1 本は空気が混じっているので使わない。
- ・加熱後の試験管は水酸化ナトリウムにおかされているので，再利用しない。

ワンポイントアドバイス



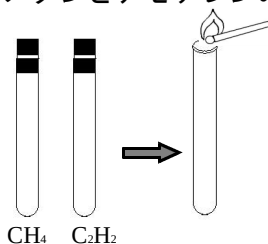
メタンの発生にソーダ石灰を使用すると反応は穏やかであるが，メタンの発生が遅く，発生量も少ない。水酸化ナトリウムでは，短時間で激しく反応し，反応の状態がわかりやすい。

2 アセチレンの合成について



- ・水上置換で捕集（試験管を水で満たしその中に気体を捕集する）。
- ・炭化カルシウムを入れる前に、試験管をすべて水槽の中に入れておく。炭化カルシウムは水中に入れるとすぐアセチレンが発生するため。
- ・炭化カルシウムはアルミ箔に包み、妻楊枝で1ヶ所穴を開けてから、水中に入れる。その時、炭化カルシウムは図のようにピンセットで押さえると捕集しやすい。
- ・純粋なアセチレンは無臭であるが、この方法によって得られたアセチレンは不純物が混入しており、そのため特異臭がすることがある。
- ・実験を行う時は充分換気を行う。

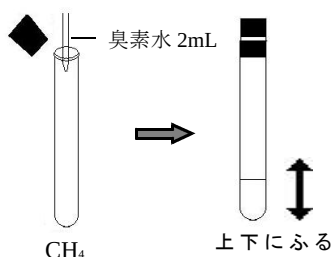
3 メタンとアセチレンの燃焼について



- ・これらの気体と空気との混合物は、点火すると爆発しやすい。特にメタンは1本目の試験管は空気を多量に含んでいるので3本目の試験管で行う。
- ・実験は先にマッチをすり、横から近づける。それから、ゴム栓を開ける。
- ・試験管の口が燃焼によって熱くなるので、火傷に注意する。

4 臭素水との反応について

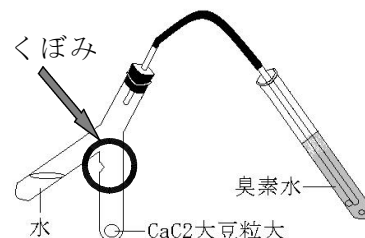
(1) メタンとの反応



- ・この実験は2本目の試験管で行う。
- ・暗所で行う。
- ・臭素水を駒込ピペットで吸い取る場合、なるべく蒸気を吸わないこと。また、手や衣服につけないようにする。
- ・臭素水を入れたら、すぐにゴム栓をする。
- ・上下にふる場合は、図のようにゴム栓をしっかり押さえて行う。

(2) アセチレンとの反応

- ・乾いた二また試験管を使うこと。
- ・二また試験管に試薬等を入れる場合、くぼみがある方に固体（炭化カルシウム）、くぼみのない方に液体（水）を入れる。
- ・各試料を入れる手順は最初にカーバイド、次に水で。水は少し二また試験管を斜めにして、駒込ピペットで入れるとよい。



ワンポイントアドバイス



Br₂ 水は市販されているが、実際に作ることもできる。

作り方：二また試験管でさらし粉と塩酸（6mol/L）を反応させ、発生した気体（塩素）を5%臭化カリウム水溶液に通す。

塩素は有毒なので、必ずドラフトを使用して行うこと。

6 危機対応

(1) 火傷

火傷した場合その部分を多量の水道水、冷水、氷水で痛みを感じなくなるまで十分冷やす。火傷の状態により、医療機関に連絡し指示を受ける。

(2) 火災・爆発事故



メタンやアセチレンは引火性が高く、空気との混合により爆発を起こす。ガスバーナーは使用後直ちに消し、元栓をしっかり閉める。また、実験を行う時は、充分換気を行い、消火器を準備しておく。

実験・実習中に事故が発生し人身に被害が生じた場合、まず被災者を救出し、さらに応急処置を施して医師の診療を受けさせる。また、災害の拡大を防止する処置をとる。

Ⅲ 実施後の留意事項

- ・無水酢酸ナトリウムと水酸化ナトリウムを入れた試験管は回収して、固体を取り出す。また、試験管に残った固体は希塩酸で溶かし、その溶液も回収。臭素水を加えた試験管の溶液も回収。回収したものは、廃棄物処理業者に委託処理をお願いする。
- ・カーバイドは完全に反応させたことを確認してから片付けを行う。アルミ箔は各市町村のゴミ処理方法に従って捨てる。水槽の水は流しへ捨てる。

Ⅳ その他

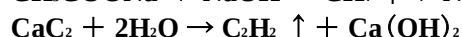
1 実験原理

(1) メタンの合成、アセチレンの合成

メタンの合成の化学反応式



アセチレンの合成の化学反応式



	メタン	アセチレン
色	無色	無色
におい	無臭	無臭

アセチレンは、純粋なものは無臭である。この実験で得られたアセチレンは不純物が混入しているため、特異臭がする。

(2) 燃焼のちがい

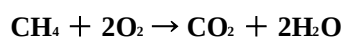
	メタン	アセチレン
炎の明るさ	うすい青色の炎	明るく黄色の炎
すすの量	なし	多い

炭素含有率が高い炭化水素ほど、明るい炎を示すとともに、多量のすすを出す。

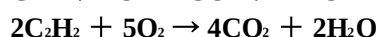
炭素含有率

メタン < アセチレン

メタンが完全燃焼する時の化学反応式



アセチレンが完全燃焼する時の化学反応式

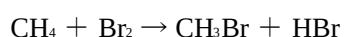


(3) 臭素水との反応

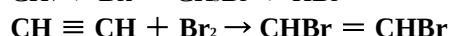
	メタン	アセチレン
反応のようす	暗所では変化しない	脱色される

アセチレンは不飽和炭化水素で臭素と付加反応を起こし脱色されるが、メタンは飽和炭化水素なので臭素と付加反応を起こさない。光のもとで置換反応をする。

メタンと臭素の置換反応の化学反応式



アセチレンと臭素の付加反応の化学反応式



2 おまけのQ & A

Q 導電性のプラスチックとは？

A アセチレンを重合したポリアセチレンは、 $\cdots\cdots\text{--C}=\text{C--C}=\text{C--C}=\text{C--C}=\text{C--}\cdots\cdots$ のように二重結合と単結合が交互になっている。このポリアセチレンをドーピング（電子受容性または電子供与性試薬を加える）することで導電性を示すようになる。白川博士はこの導電性プラスチックの研究によりノーベル賞を受賞した。



ワンポイントアドバイス

※アセチレンをアンモニア性硝酸銀溶液に通じ、銀アセチリドを生じさせる実験もある。アセチレンの水素の一方、あるいは双方を金属で置換した炭化物をアセチリドというが、銅、銀などの重金属のアセチリドは乾燥状態で爆発性を持つ。アセチリドの処理が大変なので、実施の際は十分考慮する。

※アセチレンと空気との混合気体への点火で、集気瓶など大容積の容器を用いることは危険なので避ける。

【目 的】 アルコールとアルデヒドの性質を調べる。

【準 備】 【器具】 試験管、ビーカー(200 mL)、ピンセット、駒込ピペット、銅線
ガスバーナー、沸騰石、試験管ばさみ

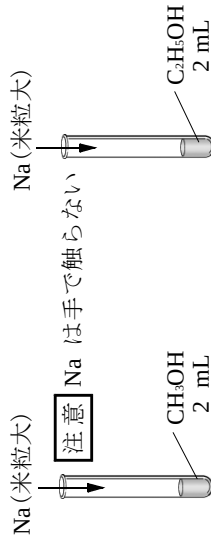
【薬品】 メタノール CH_3OH 、エタノール $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 、ナトリウム Na
0.1mol/L 硝酸銀 AgNO_3 水溶液、2mol/L アンモニア NH_3 水、ホルマリン
フェーリング液 A・B、ヨウ素 I_2 、2mol/L 水酸化ナトリウム NaOH 水溶液

【実 験】

観察およびメモ

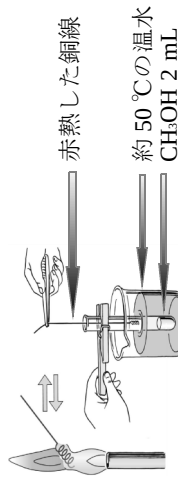
①アルコールの性質：アルコールと Na との反応を調べる

(a) メタノールと Na (b) エタノールと Na



②メタノールを酸化してホルムアルデヒド HCHO をつくる

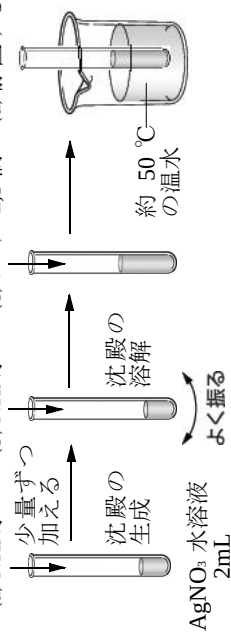
(a) 銅線を赤熱させる。(b) 銅線をすばやく CH_3OH の液面に近づける。
3 回繰り返しその都度においを嗅いでみる。



【注意】 HCHO は有毒な気体であるから多く吸い込まない。
赤熱した銅線は CH_3OH の液にさし込まない。

③ホルムアルデヒドの性質：銀鏡反応

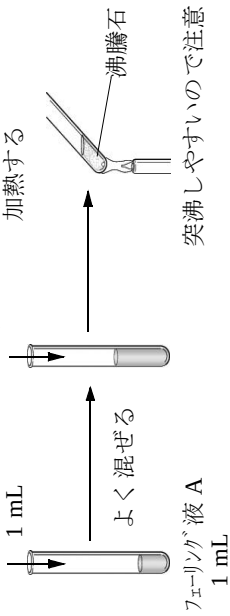
(a) NH_3 水 (b) NH_3 水 (c) ホルマリン 2,3 滴 (d) 静置する



【注意】 銀鏡の液は爆発物ができることがあるので早めに回収する。

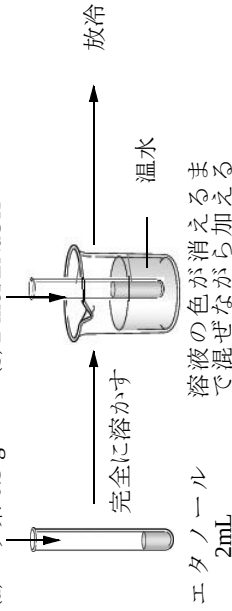
④ HCHO の性質：フェーリング反応

(a) フェーリング液 B (b) ホルマリン 2,3 滴 (c) よく振りながら加熱する



⑤ヨードホルム反応 (CH_3CO - 原子団の有無の確認)

(a) ヨウ素 0.5 g (b) 2 mol/L NaOH



【考 察】

1 ①でアルコールと Na との反応を化学反応式で示せ。また、この反応から CH_3OH と $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ の構造上の特性を述べよ。

(a)

(b)

2 ②でメタノールを約 50°C の温水に浸すのはなぜか。

3 ②での変化を化学反応式で示し、銅線の役割について述べよ。

4 ③、④で HCHO が銀鏡反応やフェーリング反応を示すのはなぜか。

5 ⑤の反応を示すような物質を 2 つあげよ。

アルコールとアルデヒド

I 準備における留意事項

1 使用器具

試験管， ビーカー(200 mL)， ピンセット， 駒込ピペット， 銅線， ガスバーナー， 沸騰石， 試験管ばさみ

2 使用する試薬等

メタノール， エタノール， ナトリウム， 0.1 mol/L 硝酸銀水溶液， 2 mol/L アンモニア水
ホルマリン， フェーリング液 A・B， ヨウ素， 2 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液

メタノール (CH ₃ OH) 【劇物】	
性質	・無色透明，揮発性，流動性が高い可燃性の液体。 ・引火点：11.1 ～ 54 °C，発火点：446 ～ 470 °C
保管	・強酸化剤等から離し，直射日光や火気を避ける。 ・容器を密閉し，換気の良い場所で保管する。
毒性 危険性	・空気と爆発性混合物を生成（極めて燃え易く，熱，火花，火炎で容易に発火）。 ・酸化剤と激しく反応し，火災や爆発の危険。 ・加熱により容器が爆発するおそれがある。 ・火災によって刺激性，毒性，又は腐食性のガスを発生するおそれがある。 ・飲み込む（経口）と有害。
廃棄	・廃棄物処理業者に委託する。

エタノール (C ₂ H ₅ OH)	
性質	・無色透明，揮発性の可燃性液体。 ・水には任意の割合で混合し，その際発熱して容積を減じる。 ・引火点：12.8 ～ 13 °C (50 %水溶液は 24 °C)，発火点：423 °C
保管	・強酸化剤等から離し，直射日光や火気を避ける。 ・容器を密閉し，換気の良い場所で保管する。
毒性 危険性	・空気と爆発性混合物を生成（極めて燃え易く，熱，火花，火炎で容易に発火）。 ・酸化剤と激しく反応し，火災や爆発の危険。 ・加熱により容器が爆発するおそれがある。 ・火災によって刺激性，毒性，又は腐食性のガスを発生するおそれがある。
廃棄	・廃棄物処理業者に委託する。

硝酸銀 (AgNO ₃) 【劇物】 【危：第一類】	
性質	・無臭，無色の透明または白色の結晶。 ・腐食性，強力な酸化剤。
保管	・可燃性物質，還元性物質から離す。 ・暗所に密封保管する。
毒性 危険性	・有毒であり，皮膚や粘膜を腐食する。 ・目に粉末や濃い溶液が入ると粘膜に激しい炎症を起こす。 ・皮膚に付着すると銀が析出して黒くなる。
廃棄	・廃棄物処理業者に委託する（危険性，有害性を充分告知の上処理を委託）。
注意	・可燃物と接触して加熱を受ければ発火爆発を起こすおそれ。 ・光分解性……純粋であれば光化学反応を起こさない。 ・熱分解性……445 °Cに赤熱すると分解して銀を遊離する。

ナトリウム (Na)【劇物】【危：第三類】	
性質	・銀白色の軟かい軽金属。 ・ナイフ等で容易に切れ, その切断面はすぐに空気酸化されて鈍い灰色に変色する。
保管	・常に石油（灯油）中に保管（水との接触により発火）。 ・密封する。
毒性 危険性	・湿気または発汗している皮膚につくと反応熱で火傷やアルカリ薬傷を起こす。 ・酸化性物質とは激しく爆発的に反応する。
廃棄	・廃棄物処理業者に委託する。
注意	・加熱したナトリウムは空気中で自発的に発火。 ・長時間空気にふれると爆発性の過酸化ナトリウムを生成する。 ・水、二酸化炭素などの消火薬剤と激しく反応する。

ホルムアルデヒド／ホルマリン (HCHO)【劇物】	
性質	・刺激臭（窒息性）のある気体。 ・約 40 %水溶液がホルマリン（無色透明で刺激臭がある液体）。
保管	・涼しく換気のよい場所に密封して保管する。
毒性 危険性	・眼、皮膚を重度に刺激（気道を刺激）する。 ・吸入した場合、粘膜が刺激されて咳が出る。
廃棄	・NaOH 溶液でアルカリ性とし、H₂O₂ 水を加えて分解し多量の水で希釈廃棄。 ・多量の水で希薄水溶液とした後、次亜塩素酸塩水溶液を加えて分解させ廃棄。 ・廃棄物処理業者に委託する。
注意	・速やかに酸化されてギ酸となる。

水酸化ナトリウム (NaOH)【劇物】	
性質	・白色粒状で無臭，潮解性がある。 ・不燃性だが，湿気や水に接触すると，可燃性物質の発火に十分な熱を発生する ・強塩基であり，酸と激しく反応する。 ・湿った空気中で亜鉛，アルミニウム，スズ，鉛などの金属を腐食する。
保管	・乾燥，密封，耐腐食性のコンクリートの床のある場所に貯蔵する。 ・常温でポリ容器に保管し，容器は密閉する。 ・水溶液をガラス容器に入れた場合は栓はゴム栓やシリコン栓を使用する。
毒性 危険性	・皮膚に触れると皮膚を激しく侵し，目に入ると失明のおそれがある。 ・濃厚液を飲めば口内，食道，胃などの粘膜が侵され危険。 ・固体でも液体でも体の組織に対して強い腐食性を示す。
廃棄	・水に溶解して希薄水溶液とし，酸で中和させた後，多量の水で希釈処理する。 ・廃棄物処理業者に委託する。
注意	・皮膚に付着した場合は多量の水で洗い流す。 ・目に入った場合は清潔な水で十分洗浄し，眼科医の処置を受ける。 ・身体とのあらゆる接触を避ける。 ・保護手袋，保護めがねを使用する。

アンモニア水 (NH ₃)【劇物】	
性質	- 揮発性の高い無色のアンモニア水溶液，強い刺激臭，強アルカリ性。 - 沸点(25%) 38℃，融点：(25%) - 58℃，比重(水=1)：(25%) 0.9
保管	- 酸化剤，酸，ハロゲン類から離す。 - 換気のよい冷暗所に密封して保管する。 - 濃い溶液では圧力が高まることがあるので，ふたは注意してはずす。
毒性 危険性	- 皮膚，粘膜に対する刺激および腐食性が強く組織の深部に達しやすい。 - 高濃度のアンモニア水が目にはいると視力障害を起こすことがある。
廃棄	希塩酸・希硫酸などで中和し，多量の水で薄めて処理する。
注意	- 必ず換気を良くし，保護めがねを装着して扱う。 - 皮膚に付いたときには多量の水で洗い流す。 - 目に入った場合は多量の水でよく洗い流し，眼科で手当てを受ける。 - 気体のアンモニアは火気厳禁。 - 必ずゴム手袋をして，噴出に注意しながら開ける。 - 高濃度の蒸気を吸入しないこと。

ヨウ素 (I ₂)【劇物】	
性質	- 特有な臭気のある，黒紫色の金属光沢をもつ片状又は破砕状の結晶。 - 腐食性がある，昇華性物質。 - 不燃性だが，他の物質の燃焼を助長する。
保管	- 可燃性及び還元性物質から離しておく。 - 密封し，換気のよい冷所に保管する。
毒性 危険性	- 眼，気道，皮膚を重度に刺激する。 - 強力な酸化剤で，可燃性物質や還元性物質と反応する。 - 気化すると，空気が汚染されてやや急速に有害濃度に達する。
廃棄	廃棄物処理業者に委託する。
注意	保護手袋，保護めがねを使用する。

フェーリング液	
性質	調製方法 A液：硫酸銅(Ⅱ)五水和物 7 g を蒸留水 100 mL にとかす。 B液：酒石酸ナトリウムカリウム 35 g と水酸化ナトリウム 10 g を蒸留水 100 mL にとかす。 使用する直前に A，B 両液を等量混合する。 ＊フェーリング液 A 液・B 液は調製済みのものも販売されている。

3 試薬の取り扱いについての注意

- (1) ナトリウムは大きさに注意し，必ず乾いたピンセットで扱う。
- (2) ホルマリンは刺激臭があるので吸い込まないように注意する。
- (3) アルコールは引火性が強いのでバーナーを使用するときは注意する。
- (4) 硝酸銀は皮膚に付けないように注意する。付着すると黒変し，しばらくとれない。

4 試薬の調製

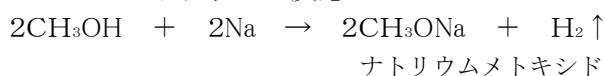
- (1) 0.1 mol/L 硝酸銀 AgNO₃ 水溶液
硝酸銀 16.98 g を純水に溶かして 1 リットルにする。
- (2) 2 mol/L アンモニア水
※濃アンモニア水 (15 mol/L) に水を加えて 7.5 倍にする。
市販の濃アンモニア水 13.3mL を保護手袋をしてはかり，純水を加えて 100mL にする。
- (3) 2 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液
水酸化ナトリウム 80 g を純水に溶かして 1 リットルにする。

II 実施上の留意事項

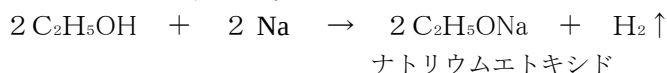
1 アルコールと Na の反応を調べる

(1) アルコールは金属 Na と反応して水素を発生しナトリウムアルコキシドを生成する。

- ・メタノールとナトリウムの反応



- ・エタノールとナトリウムの反応



(2) 気体が激しく反応する場合は軽く栓をして(または栓を逆さにし試験管の口におくような感じにしておく) 反応が終わってからマッチの炎を近づけて燃焼の様子を観察する。栓はきつく閉めないで内圧が上がった場合には栓が飛ぶようにしておく。

ワンポイントアドバイス



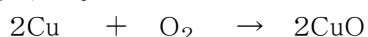
水素による爆発事故を防ぐための鉄則

- ①水素発生装置に直接点火しない。
- ②水素発生中は点火しない。
- ③水素捕集方法として右図のように試験管を上方にかぶせて捕集し、発生装置から離れたところで下向きに点火する方法が一般的である。なお試験管に傷がないことを確認する。
- ④水素を捕集するのに集気びんを使用してはいけない。この他にも口の狭くなった三角フラスコ等は絶対に用いてはいけない。

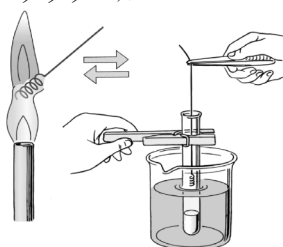
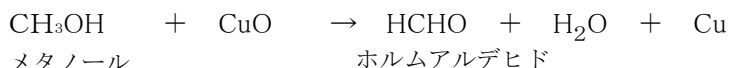


2 ホルムアルデヒドの合成について

- (1) 銅線をらせん状にして用いるのはメタノールの蒸気との接触面を増やすためである。
- (2) 銅線はあまり細いと焼き切れてしまうので、ある程度太いもの(2.0 mm)を使用すると良い。また、らせん状の銅線を作るには鉛筆など棒状のものに巻いて作ると良い。
- (3) 銅線はバーナーの外炎で加熱する。赤熱した銅線を空気に触れさせると黒色の酸化銅(Ⅱ)に変化する。



- (4) メタノールが燃え出すことがあるので注意する。もし着火したら試験管口をぞうきんで覆う。
- (5) 赤熱した銅線は試験管のメタノールの液につけないように出し入れを3~4回繰り返す。赤熱した銅線がメタノールの液体に触れると激しく気化して吹き出すため危険である。銅線を加熱する際にやけど等に注意する。銅線の持ち手の部分にコルク栓をつけるか軍手等を使用するとよい。
- (6) メタノールは酸化されてホルムアルデヒド(気体)になる。ホルムアルデヒドは刺激臭のある有毒な気体であるから、においを嗅ぐ際には注意する。また銅線は還元されて元の赤銅色になる。



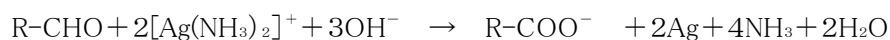
加熱した銅線をメタノールの液面に近づける3~4回繰り返す



試験管の嗅ぎ方

3 銀鏡反応について

銀鏡反応………アンモニア性硝酸銀溶液にアルデヒドを加えて温めると、ジアミン銀（Ⅰ）イオン $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ が還元されて銀 Ag が析出する。この反応により、試験管の内壁に銀が付着して鏡のようになるので、この反応を銀鏡反応という。



- (1) 銀鏡反応に使用する試験管はよく洗ってきれいなものを使用するとよい。または新品の試験管を使うときれいな銀鏡になる。



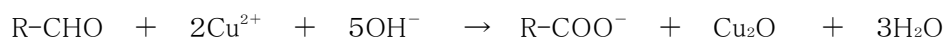
ワンポイントアドバイス

銀鏡反応にはきれいな試験管を使用するときれいな鏡ができる

- (2) アンモニア性硝酸銀溶液を作る際は、硝酸銀溶液にアンモニア水を一滴ずつ加えて振り混ぜる。一度生じた酸化銀 Ag_2O の褐色沈殿がちょうど消えるまでアンモニア水を加える。過剰に加え過ぎない方がよい。
- (3) ビーカーの温水 ($50 \sim 60^\circ\text{C}$) に入れたら静置し、試験管内の変化を観察する。
- (4) 銀鏡が出来たら試験管内の反応液は危険性があるのでただちに回収する。
- (5) アンモニア性硝酸銀溶液中に数%の NaOH を加えた試薬（**トレンス試薬**）を用いると、塩基性が強いために反応速度が大きくなり常温でも銀鏡反応が進む。

4 フェーリング反応について

フェーリング反応……フェーリング溶液 (Cu^{2+} を含む) にアルデヒドを加えて熱すると Cu^{2+} が還元されて酸化銅（Ⅰ） Cu_2O の赤褐色沈殿を生成する反応。アルデヒドの検出に利用されている。

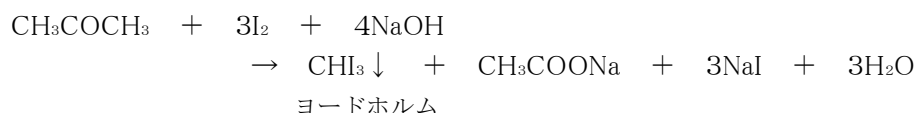


- (1) フェーリング液 A 液，B 液は使用直前によく混ぜ、深青色の透明な溶液にする。
- (2) 試験管には沸騰石を必ず入れ、突沸しやすいので十分注意しながら弱火で加熱する。
※別法：直火でなく沸騰水の湯浴を使用する方法もある。時間はかかるが突沸を防ぐことが出来て安全である。
- (3) 還元剤であるアルデヒドの量が少ないときは未反応の Cu^{2+} が残るので反応液は青みが残るが、過剰に加えて加熱した場合には試験管の壁に銅鏡が出来ることがある。

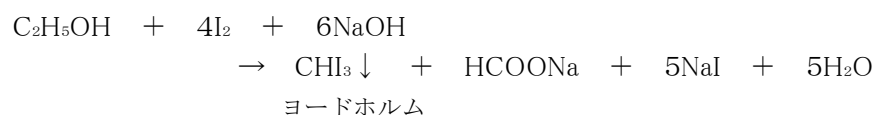
5 ヨードホルム反応について

ヨードホルム反応……アセトンにヨウ素 I_2 と水酸化ナトリウム水溶液を一滴ずつ加えて温める（約 $60 \sim 70^\circ\text{C}$ ）と、特有の臭気をもつヨードホルム CHI_3 の黄色結晶が生成する。この反応をヨードホルム反応という。この反応はアセトアルデヒド，エタノールや 2-プロパノールにも見られる。

・アセトンでの反応式



・エタノールでの反応式



Ⅲ 実施後の留意事項

- (1) 実験終了後、未反応のナトリウムが残っている場合は流しに捨てない。試験管ごと回収する。
- (2) 銀鏡反応が出来た試験管は 6 mol/L 硝酸を加えて溶かしてから廃液として処理し、その後洗浄するとよい。



銀鏡が出来たら試験管内の反応液は危険性があるのでただちに回収する。硝酸銀とアンモニアの混合物からは銀の窒化物である雷銀が生成する危険がある。雷銀は極めて不安定な爆発性をもつ物質である。特に NaOH を加えたトレンス試薬には注意を要する。このため、使用後の廃液は、すぐに塩酸を加えて酸性にするとともに、 Ag^+ を AgCl として沈殿させ銀成分を除去する必要がある。また、廃液処理業者にもその旨伝える必要がある。

Ⅳ その他

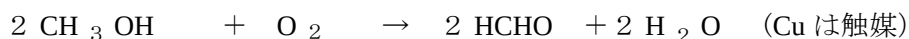
1 補足説明

- (1) アルコールとナトリウムとの反応で、アルコールのヒドロキシ基-OH は水分子と同じ構造を持つので、水と同様にナトリウムと反応するが、アルコールの異性体のエーテルはヒドロキシ基を持たないのでナトリウムと反応しないとされ、この反応でアルコールとエーテルを区別することが出来ることになっている（例えば実教出版「サイエンスビュー」）。しかし、市販のジエチルエーテルにはいくらか水分が含まれておりナトリウムを入れるとこの水分と反応して水素が発生してしまう。この反応で文献どおりの結果を得たい場合には蒸留によって精製した直後のジエチルエーテルで行うとよい。
- (2) アルデヒドとシッフ試薬との反応についてシッフ試薬とはフクシン（別名マゼンタ）の赤色色素の水溶液に二酸化硫黄を加えて色素が脱色された無色の溶液のことをいう。この試薬とアルデヒドが反応すると再びもとの赤色を呈するが、ケトンでは反応しないのでアルデヒドとの区別に利用される。

2 おまけのQ & A

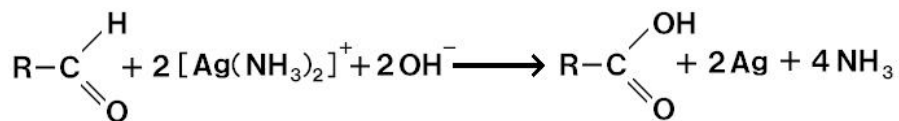
Q 実験②のメタノールを酸化してホルムアルデヒドを作る時に使用した銅線の役割は？

A Cu はいったん CuO になるが反応後は Cu に戻ってしまうので Cu は触媒として働いたことになる。銅の他に白金なども触媒として用いられる。



Q アンモニア性硝酸銀溶液を作る際に過剰に加えすぎない理由は？

A NH_3 が多いと、下の反応で平衡が左に片寄るため右に進みにくくなり、銀鏡ができにくくなる。



Q きれいな銀鏡をつくるには？

A 湯の中で試験管を動かすと、銀が付着するのに時間がかかりきれいに析出しない。また、ゆっくり反応させた方がきれいにできるようなのである。なお、ホルムアルデヒドの代わりにグルコース水溶液を使うと、よりきれいな銀鏡を作ることができる。

Q ヨードホルム反応をするのは？

A アセチル基- COCH_3 や酸化されてアセチル基を生じる $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})-$ は、ヨウ素と水酸化ナトリウムを加えて熱すると酸化反応により CHI_3 の黄色沈殿を生じる。一般に- $\text{CO}-$ 基がある方が反応し易い。なお、 $\text{CH}_3\text{CO}-\text{R}$ における R はアルキル基などで、酢酸のようなヒドロキシ基の場合、同様の構造を持つもののヨードホルム反応は陰性である。

【目的】カルボン酸とアルコールからエステルを合成し、その性質を調べる。

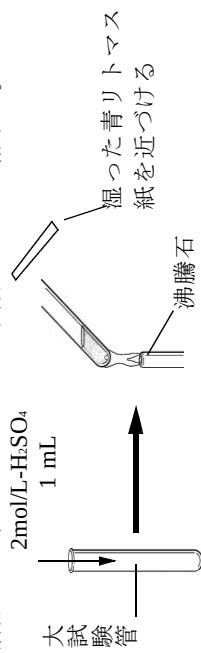
【準備】器具：試験管、ガラス管（長さ 50 cm）、ビーカー（300mL）、沸騰石、メートルグラス、蒸発皿、試験管ばさみ

薬品：酢酸ナトリウム CH_3COONa 、硫酸 H_2SO_4 （濃・2mol/L）、エタノール、氷酢酸 CH_3COOH 、酢酸エチル $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$ 、6mol/L 水酸化ナトリウム NaOH 水溶液、青色リトマス紙

【実験】

I 酢酸 CH_3COOH の生成

酢酸ナトリウム CH_3COONa に硫酸を加えて加熱する。



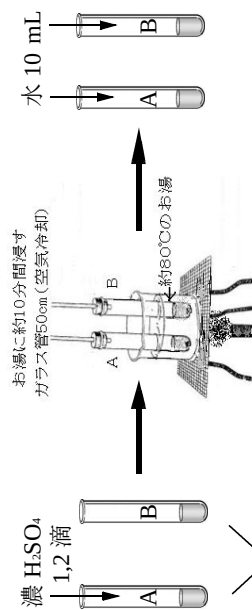
CH_3COONa 5 g

気体のにおい

《観察およびメモ》
I リトマス紙の色の变化

II 酢酸エチル $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$ の合成

エタノール $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ と氷酢酸 CH_3COOH から酢酸エチルをつくる



エタノール 2mL + 氷酢酸 2mL + 沸騰石

氷酢酸は皮膚を侵すので注意

加熱後のにおい

A

B

水を加えたときの变化

A

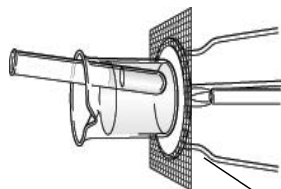
B

III 酢酸エチル $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$ の加水分解

酢酸エチルに水酸化ナトリウム NaOH 水溶液を加える。

6 mol/L NaOH
3 mL

たえず 30 秒間 攪拌しながら
約 10 分間 浸す



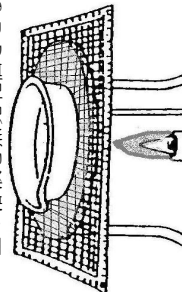
酢酸エチル (1 mL) のにおいを調べる

10 分間 浸した後の
においと液の状態

IV 蒸発乾固

III での生成物を蒸発皿に移し、蒸発乾固させる。
生じた結晶に硫酸を加える。

III の溶液を蒸発乾固させる



放冷する

硫酸を加えた後の
におい

IV リトマス紙の
色の变化

【考察】

1 酢酸ナトリウムに硫酸を加えて加熱したときの变化を説明せよ。

2 実験 II の試験管 A でおこる变化を化学反応式で示せ。
また B では酢酸エチルのにおいがしない。その理由を説明せよ。

3 実験 III でおこる变化を化学反応式で示せ。

カルボン酸とエステル

I 準備における留意事項

1 使用器具

試験管，ガラス管(長さ 50 cm)，ゴム栓，ビーカー(300 mL)，沸騰石，メートルグラス，蒸発皿，ガスバーナー，試験管ばさみ，ガラス棒，鉄製スタンド，三脚，金網

2 使用する試薬等

酢酸ナトリウム，硫酸（濃，2 mol/L），エタノール，氷酢酸，酢酸エチル，青色リトマス紙 6 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液

エタノール (C ₂ H ₅ OH)	
性質	・無色透明，揮発性の可燃性液体。 ・水には任意の割合で混合し，その際発熱して容積を減じる。 ・引火点：12.8 ～ 13 °C (50 %水溶液は 24 °C)，発火点：423 °C
保管	・強酸化剤等から離し，直射日光や火気を避ける。 ・容器を密閉し，換気の良い場所で保管する。
毒性 危険性	・空気と爆発性混合物を生成（極めて燃え易く，熱，火花，火炎で容易に発火）。 ・酸化剤と激しく反応し，火災や爆発の危険。 ・加熱により容器が爆発するおそれがある。 ・火災によって刺激性，毒性，又は腐食性のガスを発生するおそれがある。
廃棄	・廃棄物処理業者に委託する。

水酸化ナトリウム (NaOH) 【劇物】	
性質	・白色粒状で無臭，潮解性がある。 ・不燃性だが，湿気や水に接触すると，可燃性物質の発火に十分な熱を発生。 ・強塩基であり，酸と激しく反応する。 ・湿った空气中で亜鉛，アルミニウム，スズ，鉛などの金属を腐食する。
保管	・乾燥，密封，耐腐食性のコンクリートの床のある場所に貯蔵する。 ・常温でポリ容器に保管し，容器は密閉する。 ・水溶液をガラス容器に入れた場合は栓はゴム栓やシリコン栓を使用する。
毒性 危険性	・皮膚に触れると皮膚を激しく侵し，目に入ると失明のおそれがある。 ・濃厚液を飲めば口内，食道，胃などの粘膜が侵され危険。 ・固体でも液体でも体の組織に対して強い腐食性を示す。
廃棄	・水に溶解して希薄水溶液とし，酸で中和させた後，多量の水で希釈処理する。 ・廃棄物処理業者に委託する。
注意	・皮膚に付着した場合は多量の水で洗い流す。 ・目に入った場合は清潔な水で十分洗浄し，眼科医の処置を受ける。 ・身体とのあらゆる接触を避ける。 ・保護手袋，保護めがねを使用する。

酢酸 (CH ₃ COOH)	
性質	・刺激性の臭気のある無色透明な液体（低温で無～白色結晶）。 ・水分が少ないものは冬に凍るため氷酢酸と呼ばれる（融点：16.7 °C）
保管	・換気のよい場所に保管する。
毒性 危険性	・蒸気は眼および気道を強く刺激する。 ・濃厚溶液が皮膚に触れると重症の薬傷を起こす。 ・眼に入ると特に角膜障害，結膜炎を起こし，失明に至ることもある。 ・熱，火炎に曝すと中程度の引火の危険。
廃棄	・廃棄物処理業者に委託する。
注意	・酸化剤，塩基と激しく反応する。

酢酸エチル ($\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$)	
性質	・無色透明な芳香(独得な果実臭)のある液体。 ・湿気により徐々に分解 する。 ・引火性の強い液体(引火点 -4.4°C)で爆発性混合ガスを形成することがある。
保管	・直射日光を避け、換気のよい冷所に保管する。
毒性 危険性	・揮発性できわめて引火し易い。 ・毒性は少ない(高濃度の蒸気を吸入すると中毒を起こすおそれがある)。
廃棄	・廃棄物処理業者に委託する。
注意	・空気との混合ガスは2.5～9%において火源があると爆発する。 ・蒸気は空気より重く、遠距離引火の可能性がある。 ・皮膚の脱脂を起こす。

酢酸ナトリウム (CH_3COONa)	
性質	・白色、無臭の結晶または結晶性粉末。
保管	・吸湿性があるので、容器を密栓して冷暗所に保管する。
毒性 危険性	・目、肌に炎症を起こすことがある。 ・肌、呼吸器、経口接種等で毒性はないと考えられている。
廃棄	・多量の水に溶解し、pHを調節した後廃棄。 ・廃棄物処理業者に委託する。
注意	・強酸により分解し酢酸を生じる。

硫酸(H_2SO_4)【劇物】	
性質	・無臭、無色、油状の吸湿性液体。
保管	・水、可燃性物質、還元性物質、塩基、金属等から離す。 ・密栓して冷暗所に保管する。
毒性 危険性	・脱水作用が非常に強く、人体に触れると水を取り激しい薬傷がある。 ・蒸気を長時間吸入すると呼吸器が侵される。 ・目に入ると失明することがある。
廃棄	・廃棄物処理業者に委託する。 ・水酸化カルシウム、炭酸ナトリウム等で中和させた後、多量の水で希釈処理。
注意	・保護手袋、保護衣、保護めがねを使用する。 ・溶解または希釈する時は必ず水の中に硫酸を徐々に加える。

3 試薬の取り扱いについての注意

- (1) アルコールは引火性が強いのでバーナーを使用するときは注意する。
- (2) 硫酸の扱いには特に注意する。(実験:「硫酸の性質」の手引き参照)

4 試薬の調製

(1) 2 mol/L硫酸 H_2SO_4

濃硫酸は水に触れると激しく発熱するので、純水の中に濃硫酸 56 mL を少しずつ加え 500mL にする。その際ビーカーは水槽の中で冷水につけて冷やしながらやると安全である。



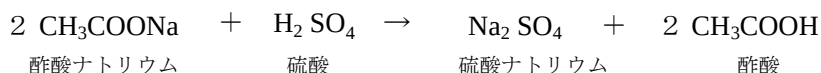
硫酸の希釈溶液を作るときは必ず純水の中に硫酸を少しずつ入れること。

(2) 6 mol/L水酸化ナトリウムNaOH水溶液

水酸化ナトリウム 120 g を純水に少しずつ溶かして 500 mL にする。水酸化ナトリウムは水に触れると激しく発熱するので少しずつ入れる。その際ビーカーは水槽の中で冷水につけて冷やしながらやると安全である。特に濃度の高い溶液を調製する時は注意する。

II 実施上の留意事項

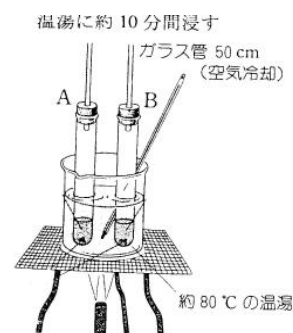
1 酢酸の生成



- (1) 硫酸の取り扱いに注意するとともに、突沸しやすいので必ず沸騰石を入れて加熱する。リトマス紙が変色したら火を止める。
- (2) リトマス紙は純水で湿らしてから、ピンセットを使って試験管の口に近づける。

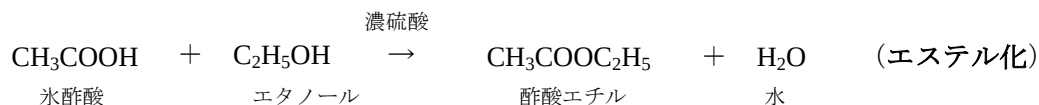
2 酢酸エチルの合成について

- (1) この実験では濃硫酸を入れたもの(A)とそうでないもの(B)を比較した対照実験をしている。この場合濃硫酸は脱水反応の触媒として働いている。特に濃硫酸の扱いには注意する。また氷酢酸も手などにつけないようにする。試験管や駒込ピペットは乾いたものを使用する。
- (2) エタノール、氷酢酸、濃硫酸はよく攪拌してから還流冷却用ガラス管をつける。試験管の中には必ず沸騰石を入れ、ビーカーの温度は80℃くらいで上げすぎないように注意する。



還流冷却管……エステル化反応のように反応物質（アルコールとカルボン酸）、生成物質（エステル）の沸点が低いと、反応している最中に、それらが蒸発し試験管内から流出することがある。そこで蒸発した物質を長いガラス管などをつけ空気中で冷やして凝縮させる。

- (3) 還流冷却管をつけた試験管はスタンドなどで固定しておく。
- (4) 三脚や金網が熱くなるのでやけどには注意する。



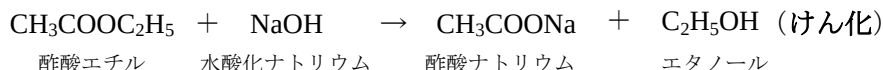
エステル化…カルボン酸とアルコールとが縮合して生じる化合物をエステルといい、エステルは中性の分子で一般に水に溶けにくい但有機溶媒には溶けやすい。エステルが生成する反応をエステル化という

縮合………2つの分子の間から水のような簡単な分子がとれて1つの分子が出来る反応

3 酢酸エチルの加水分解について

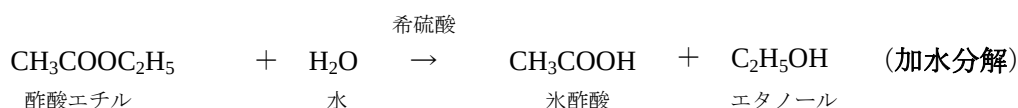
- (1) 酢酸エチルと水酸化ナトリウムを試験管に入れ、層がなくなるまでガラス棒でよく攪拌しながら約10分間くらい、酢酸エチルの合成に使用したビーカーの温湯に浸す。攪拌するとき試験管の底を割らないように注意する。

酢酸エチル+水酸化ナトリウムが入った試験管を温める

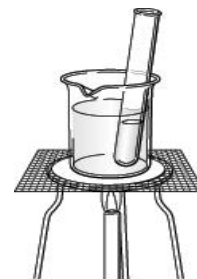


けん化……塩基によるエステルの加水分解をとくにけん化という。

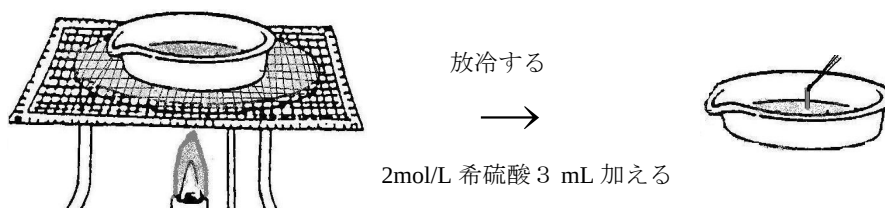
(加水分解の例) 酢酸エチルに水を加える。



加水分解……エステル化の逆の反応でカルボン酸とアルコールが出来る。希硫酸を加えるとH⁺が触媒としてはたらき、反応は促進される。



- (2) (1) の試験管の生成物を蒸発皿に移し蒸発乾固させると酢酸ナトリウムが析出する。蒸発皿をよく冷やしてから希硫酸を加えて青色リトマス紙を近づけると赤変する。これは酢酸が出来るので酸性を示すからである。



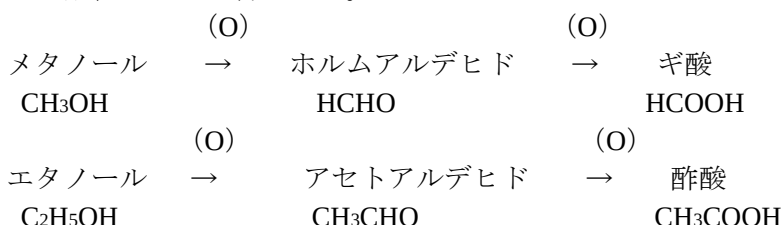
希硫酸を入れる際に蒸発皿がよく冷えていないと割れる恐れがあるので注意する。

Ⅲ 実施後の留意事項

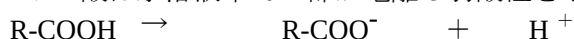
廃液は回収し決められた容器に入れ、廃棄物処理業者に委託処理をお願いします。

Ⅳ その他

- 1 分子中にカルボキシル基(-COOH)をもつ化合物をカルボン酸といい、第一級アルコールやアルデヒドの酸化によって得られる。



- カルボン酸は水溶液中で一部が電離し弱酸性を示す。



- 酸の強さは



カルボン酸で比較すると、アルキル基 R の炭素鎖が短いほど、酸性は強くなる。

- 2 カルボン酸エステルは酸または塩基の水溶液と加熱すると加水分解されてカルボン酸とアルコールになる。塩基の水溶液によるエステルの加水分解はけん化とよばれる。これはエステルの一種である油脂を塩基で加水分解するとセッケンが出来ることからこうよばれる。

3 おまけの Q & A

Q 果物の香りの主成分はエステルといわれるがどんなものがあるのか？

A 酢酸ペンチル・・・バナナ 酢酸オクチル・・・オレンジ 酢酸イソペンチル・・・ナシ
酪酸エチル・・・パイナップル 酪酸ペンチル・・・アズ 酪酸メチル・・・リンゴ

Q 氷酢酸と無水酢酸の違いは？

A 純粋な酢酸は融点が 16.7 °C であり、冬期には室温で凍ってしまうため氷酢酸と呼ばれる。なお、酢酸中の水分子が増えると、凝固点降下により凝固点が徐々に下がる。従って「酢酸を購入する」ことは「氷酢酸を購入する」ことである。一方無水酢酸は、酢酸二分子が脱水縮合した形の水に溶けにくい液体で、酢酸とは別の物質である。酢酸に限らず、一般に分子間あるいは分子内で 2 つのカルボキシル基を脱水縮合させることで生成する物質を酸無水物と呼ぶ。

高分子化合物の合成

年 組 番 氏名

【目 的】 高分子化合物を低分子化合物の縮合重合反応でつくる。

合成繊維として、6,6-ナイロンをつくる。

【準 備】 器具：100mL ビーカー、ガラス棒、ピンセット

薬品：アジピン酸ジクロリド $\text{ClCO}-(\text{CH}_2)_4-\text{COCl}$ 、ベンゼン C_6H_6

ヘキサメチレンジアミン $\text{H}_2\text{N}-(\text{CH}_2)_6-\text{NH}_2$ 、水酸化ナトリウム NaOH

※アジピン酸ジクロリド

不安定な化合物なので実験にはできるだけ新しいものを使用する。有毒なので取り扱いに注意し、換気を行う。

【実 験】

6,6-ナイロンの合成

(1) 100mL ビーカーAにアジピン酸ジクロリド 0.5mL をとり、これにベンゼン 15 mL を加えて溶かす。

(2) ① 別の 100mL ビーカーBにヘキサメチレンジアミン 1 g をとり、水 15mL を加えて溶かし、フェノールフタレイン 1 滴を加えて色の変化をみる。

結果 フェノールフタレインを加えた時の溶液の色

考察 ヘキサメチレンジアミンはなぜ塩基性を示すのか。

②さらに水酸化ナトリウム 0.7g を加えて、よくかき混ぜて溶かす。

(3) Aの溶液をBのビーカーに、ガラス棒を伝わらせてゆつくと静かに、2層になるように加える。

※右図参照

(4) Aの溶液とBの溶液の境界面にうすい膜が生じるので、切れないように注意してピンセットではさんで引き上げ、ガラス棒(または試験管)に巻き付ける。

※右図参照

(3) の図

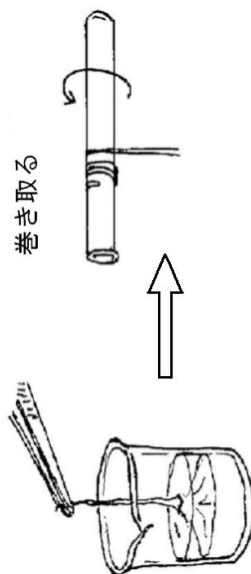
A

アジピン酸ジクロリド 0.5mL
ベンゼン 15mL

B

ヘキサメチレンジアミン 1g
水 15 mL
フェノールフタレイン 1 滴
水酸化ナトリウム 0.7g

(4) の図



考察

アジピン酸ジクロリドとヘキサメチレンジアミンから 6,6-ナイロンができる反応を化学反応式で示せ。

感想

高分子化合物の合成

I 準備における留意事項

1 使用器具

100mL ビーカー，ガラス棒，ピンセット，試験管（繊維を巻き取るため）
器具の価格目安 100mL ビーカー：425 円，100mL トールビーカー：715 円

2 使用する試薬等

アジピン酸ジクロリド $C_6H_8Cl_2O_2$ 別名 塩化アジポイル，2 塩化アジポイル，アジピン酸クロライド	
性質	・無色～暗橙色，刺激臭，腐食性。
保管	・湿気，直射日光を避け，容器を密閉し冷暗所（10℃以下）に保管する。
毒性 危険性	・眼に入ると催涙性があり，刺激が現れる。 ・吸入した時，鼻，のど等の気道を刺激する。
廃棄	・廃棄物処理業者に委託する。
注意	・水に触れると徐々に分解して，有害な塩化水素とアジピン酸を生成する。 ・光により分解して黒ずみ，異臭を発する。 ・保護手袋，保護めがねを使用する。

ヘキサメチレンジアミン $H_2N(CH_2)_6NH_2$ 【劇物】 別名 1,6 ヘキサレンジアミン，1,6 ジアミノヘキサン	
性質	・無色～淡褐色固体，アンモニア臭，アルカリ性。 ・融点 42℃，引火点 71℃
保管	・強力な酸化剤，強酸から離しておく。 ・密栓して冷暗所（冷蔵庫）に保管する。
毒性 危険性	・皮膚につけたり粉塵を吸入しないよう必要に応じて保護具を着用する。 ・眼，皮膚，気道に対して腐食性を示す。経口摂取すると，腐食性を示す。
廃棄	・廃棄物処理業者に委託する。
注意	・空気中の二酸化炭素を吸収する。・水溶液はアルカリ性で酸と反応する。 ・保護手袋，保護めがねを使用する。

水酸化ナトリウム (NaOH) 【劇物】	
性質	・白色粒状で無臭，潮解性がある。 ・不燃性だが，湿気や水に接触すると，可燃性物質の発火に十分な熱を発生する。 ・強塩基であり，酸と激しく反応する。 ・湿った空気中で亜鉛，アルミニウム，スズ，鉛などの金属を腐食する。
保管	・乾燥，密封，耐腐食性のコンクリートの床のある場所に貯蔵する。 ・常温でポリ容器に保管し，容器は密閉する。 ・水溶液をガラス容器に入れた場合は栓はゴム栓やシリコン栓を使用する。
毒性 危険性	・皮膚に触れると皮膚を激しく侵し，目に入ると失明のおそれがある。 ・濃厚液を飲めば口内，食道，胃などの粘膜が侵され危険。 ・固体でも液体でも体の組織に対して強い腐食性を示す。
廃棄	・水に溶解して希薄水溶液とし，酸で中和させた後，多量の水で希釈処理する。 ・廃棄物処理業者に委託する。
注意	・皮膚に付着した場合は多量の水で洗い流す。 ・目に入った場合は清潔な水で十分洗浄し，眼科医の処置を受ける。 ・身体とのあらゆる接触を避ける。 ・保護手袋，保護めがねを使用する。

ベンゼン C ₆ H ₆ 500mL	
性質	・無色透明で、特異な芳香を持つ液体。 ・非常に揮発性が高く、かつ引火性の高い液体。 ・酸化剤と激しく反応する。
保管	・耐火設備（火気厳禁）。 ・酸化剤、ハロゲン等から離す。
毒性 危険性	・蒸気を吸入すると中枢神経へ影響する ・皮膚からも吸収され有害。 ・発ガン性物質。 ・酸化剤、硝酸、硫酸、ハロゲンと激しく反応し、火災や爆発の危険をもたらす。 ・プラスチック、ゴムを侵す。
廃棄	・ぞうきん等に吸着させ、焼却する。 ・蒸気と空気の混合気体は爆発性で、火災や爆発の危険性がある。 ・蒸気は空気より重く、地面や床に沿って移動し、遠距離引火の可能性はある。

3 試薬の扱い・試薬の調製

(1) アジピン酸ジクロリド



密栓して冷蔵庫に保管する。有毒なので扱う時にはドラフトで行うのが望ましい。換気には十分注意する。不安定な化合物なので実験にはできるだけ新しい物を使用する。生徒実験を行う前に必ず予備実験が必要である。購入する場合は 25 g のものを求めると良い。25 g で 6000 円（価格目安）位する高価な薬品なので事前に使用する量を計算して計画的に購入の方がよい。液体なので駒込ピペットを使って試験管に取り、ゴム栓をしておく。

(2) ベンゼン



有毒で揮発性が高い液体である。揮発性があるため栓をする必要があるがゴムも変質させてしまう。従って実験する直前で取り分ける方がゴム栓の変質も最小限に抑えられる。

(3) ヘキサメチレンジアミン



密栓して冷蔵庫に保管する。常温だと固体なので班毎に分けるためには試薬ビンを湯煎にかけて溶かす必要がある。融点は 42 ℃。加熱しすぎると分解し、変質してしまうので注意が必要である。試薬ビンのふたを取り、ビニール袋等で覆い湯煎する。ふたを外してあるのでビンが倒れないよう注意する。溶けたら駒込ピペットを使い取り分ける。ゆっくりしているとピペットの中で再び固体となってしまう。生徒が実験で使用するビーカーに直接ピペットで入れる。ビーカーの中で固体となってしまうが純水を加えると融解し混ざる。生徒はそのビーカーに純水と水酸化ナトリウム、フェノールフタレインを加える。

※ヘキサメチレンジアミンを駒込ピペットで量り取ると、1 g ≒ 1.3mL

(4) 水酸化ナトリウム



潮解性があるので直前に配布する。

0.7g ≒ 5 ～ 6 粒くらい

※製薬会社によって粒の大きさに違いがあるので一度量ってから生徒に指示する。

II 実施上の留意事項

1 フェノールフタレイン（指示薬 変色域はPH8.0～9.8）の使用

実験プリントの(2)① 100mL ビーカーBにヘキサメチレンジアミン 1g (1.3mL)，水 15mL を加えて溶かし、フェノールフタレイン 1 滴を加えて色の変化をみる。このときの溶液の色は赤（赤紫）となる。

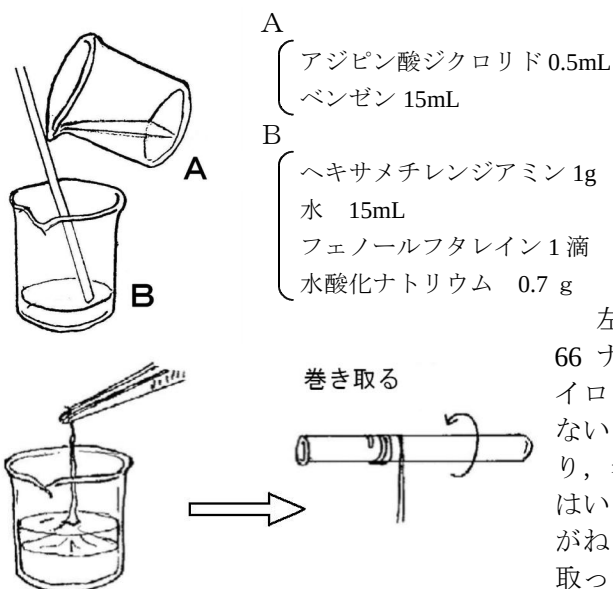
フェノールフタレインを加えると液性がわかるのと同時に次の操作のA液にB液を加えたとき、2 層になる境界面がわかりやすい。

2 水酸化ナトリウムの使用

水酸化ナトリウムを加えるのは、アジピン酸とヘキサメチレンジアミンの反応で生じる塩化水素を NaCl の形にして除き、反応を進行させるためである。

3 A液をB液に混合

A液をB液のビーカーにガラス棒を伝わらせてゆっくりと静かに2層になるように加える。このとき二つの境界面が乱れないようにする。



ワンポイントアドバイス

- ◆ ビーカーBがトールビーカーなら表面積が少ないので繊維をより細く長く巻き取ることができる。
- ◆ 液量を少なくしたい場合や時間短縮したい場合はビーカーの代わりに時計皿を使ってもできる。

左の図のように境界面をピンセットで引き上げると66 ナイロンができるので太い試験管に巻き取る。66 ナイロンは強アルカリ性の液がついているので素手で触らないこと。巻き取る速度が均一でないと水疱のようになり、巻き取るうちにつぶれて液が飛ぶことがある。目にはいと危険なので注意すること。巻き取る人は保護めがねをし、目よりも低い位置で巻き取る。試験管に巻き取った繊維は良く水洗いをしてから乾燥させる。

III 実施後の留意事項

1 残液の処理

A Bどちらか一方の液が無くなると合成繊維の生成実験は終了する。残った液は少量でも回収する。濃アンモニア水とメタノールの混合液で必ず活性を落としてから捨てる。不要な紙などにしみ込ませて捨てるかまたは、廃液として処理する。

2 生成物の処理

生成した繊維は不要なわら半紙に乾かしてから観察するが、すべて終了したら紙に包んで可燃物のゴミとして捨てる。

IV その他

1 実験プリントについて

- ・操作(2)の結果: フェノールフタレインを加えた時の溶液の色……赤
- ・操作(2)の考察: ヘキサメチレンジアミンはなぜ塩基性を示すのか。

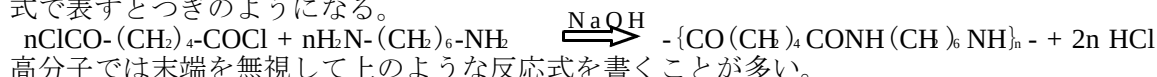
『アンモニアの水素原子を炭化水素基で置換した化合物の総称をアミンといい、置換基が1つ(アミノ基)の場合、第1級アミンとよぶ。アミンの性質はアンモニアに似ており、窒素原子の非共有電子対にプロトンが配位結合するため塩基性を示す。一般に、アミノ基の塩基としての強さは、置換したアルキル基が電子供与性のため、窒素原子がより負に分極するため、アンモニアより強くなる。』

2 溶媒について

試薬をベンゼン(C₆H₆:比重0.88, 芳香臭)の代わりにヘキサン(C₆H₁₄:比重0.68, 特異臭)や四塩化炭素(CCl₄:比重1.6, 麻醉性の芳香)に代えることができる。その際、四塩化炭素は水よりも重いのでA液とB液が逆転するので注意する。

3 反応式

アジピン酸ジクロリドとヘキサメチレンジアミンから6,6-ナイロンができる反応を化学反応式で表すとつぎのようになる。



4 豆知識

1935年、米デュポン社のウォーレス・カロザースが合成に成功した。それぞれ6個の炭素原子からなるヘキサメチレンジアミンとアジピン酸から作られるので66ナイロン(ナイロン66)と呼ばれている。「ナイロン」は本来、インビスタ社(旧デュポン・テキスタイル・アンド・インテリア社)の商品名だが、現在ではポリアミド系繊維(単体体がアミド結合(-CO-NH-)により次々に縮合した高分子)の総称として定着している。石炭と水と空気から作られ、鋼鉄よりも強く、クモの糸より細い、というのが当時のキャッチフレーズだった。女性のストッキング用として使われたのが始まり。ストッキング、インナーウェア、水着、スキーウェアなどのスポーツ衣料などに使用される。ナイロン66については耐熱性を活かし自動車のエアバック用素材としても使用されている。

氏名 番 組 年

昭和天皇も驚いた実験です

ビーカー (50mL・1, 100mL・2, 300mL・1), 保護めがね, はさみ, わら半紙,

ビーカーA (100mL) …へキサメチレンジアミン $\text{NH}_2(\text{CH}_2)_6\text{NH}_2$ 0.5mL

ビーカーC (100mL) …アセトン CH_3COCH_3 30mL
フェノールフタレイン溶液

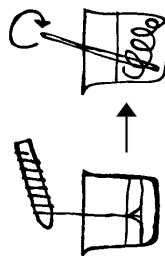
【実験】

- (3) Aの溶液に、Bの溶液を図のように、ガラス棒を用いて混ぜられない様に静かに注ぐ。

☆ガラス棒でかき混ぜない。

- (4) 上下の層の境界面に生成する、薄い膜の中心を、ピンセットでつまんでゆっくり引き上げる。

☆アセトン^①を皮膚に付けない。蒸気を吸わない。



-
- A diagram illustrating the digitization process. At the bottom, a document with a wavy line is shown being scanned by a device. An arrow points upwards from the scanned document to a digital file icon, which is a rectangle containing the same wavy line.

【終】

- 溶液

由理

- 2 操作 1 で、ビーカー内にフエール溶液を入れた理由を考えて書きなさい。
また、実験中の変化、変化の理由を考えて書きなさい。

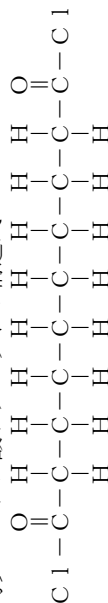
理由。

变化；

変化の理由；

3. へキサメチレンジアミンとセバシン酸ジクロリドから、6,10-ナイロンが合成される反応を、セバシン酸ジクロリドの構造式を含む化学反応式で書きなさい。

[参考] セバシン酸ジクロリドの構造式



- #### 4 ナイロンと絹の絹の特徴と構造上の類似点を考えて書きなさい。

【感想】(必ず2行以上記入して提出しなさい。)

ナイロンの合成 (6, 10-ナイロン)

I 準備における留意事項

1 使用器具

ガラス棒 (2), ピンセット, 試験管 (No 付・2, 中・1), 試験管立て, はさみ, わら半紙, ビーカー (50mL・1, 100mL・2, 300mL・1), 保護めがね

2 使用する試薬等

2 mol/L 水酸化ナトリウム NaOH 水溶液, ベンゼン C_6H_6 , フェノールフタレイン溶液
ヘキサメチレンジアミン $NH_2(CH_2)_6NH_2$, アセトン CH_3COCH_3 ,
セバシン酸ジクロリド・二塩化セバコイル $ClCO(CH_2)_8COCl$,

水酸化ナトリウム (NaOH) 【劇物】	
性質	・白色粒状で無臭, 潮解性がある。 ・不燃性だが, 湿気や水に接触すると, 可燃性物質の発火に十分な熱を発生する。 ・強塩基であり, 酸と激しく反応する。 ・湿った空気中で亜鉛, アルミニウム, スズ, 鉛などの金属を腐食する。
保管	・乾燥, 密封, 耐腐食性のコンクリートの床のある場所に貯蔵する。 ・常温でポリ容器に保管し, 容器は密閉する。 ・水溶液をガラス容器に入れた場合は栓はゴム栓やシリコン栓を使用する。
毒性 危険性	・皮膚に触れると皮膚を激しく侵し, 目に入ると失明のおそれがある。 ・濃厚液を飲めば口内, 食道, 胃などの粘膜が侵され危険。 ・固体でも液体でも体の組織に対して強い腐食性を示す。
廃棄	・水に溶解して希薄水溶液とし, 酸で中和させた後, 多量の水で希釈処理する。 ・廃棄物処理業者に委託する。
注意	・皮膚に付着した場合は多量の水で洗い流す。 ・目に入った場合は清潔な水で十分洗浄し, 眼科医の処置を受ける ・身体とのあらゆる接触を避ける。 ・保護手袋, 安全めがねを使用する。

ベンゼン (C_6H_6) 【危：第四類・引火性液体】	
性質	・揮発性, 引火性のある無色の液体。 ・急性毒性物質。
保管	・密栓して冷暗所に保管する。
毒性 危険性	・皮膚, 眼, 呼吸器に刺激を与える。 ・めまいや眠気 (麻酔作用) を引き起こすことがある。 ・飲み込んだり, 気道に侵入すると生命に危険を及ぼす恐れがある。
廃棄	・廃棄物処理業者に委託する。
注意	・芳香族炭化水素 (ベンゼン環を持つ炭化水素) 特有の芳香があり, 引火性が高い。 ・目に入ったり皮膚に付着した場合は多量の水で洗い流し, 速やかに医師の手当てを受ける。 ・吸入した場合は新鮮な空気の場所で休憩する。気分が良くならない場合は, 速やかに医師の手当てを受ける。

ヘキサメチレンジアミン ($\text{NH}_2(\text{CH}_2)_6\text{NH}_2$) 【劇物】	
性質	・無色～淡褐色固体，アンモニア臭，アルカリ性。腐食性がある。 ・融点が $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ で，常温では固体。使用する際は湯煎をし，溶解させる。
保管	・強力な酸化剤，強酸から離しておく。 ・密栓して冷暗所に保管する。
毒性 危険性	・皮膚につけたり粉塵を吸入しないように必要に応じて保護具を着用する。 ・多くの金属に対し腐食性を示す。
廃棄	・廃棄物処理業者に委託する。
注意	・水溶液は強アルカリ性を示し，酸と激しく反応する。 ・皮膚に触れた場合は，多量の水と石けんで洗い流す。 ・目に入った場合は，多量の水で30分以上洗い流す。 ・皮膚刺激，眼刺激が持続する場合は，速やかに医師の手当てを受ける。

セバシン酸ジクロリド・二塩化セバコイル ($\text{ClCO}(\text{CH}_2)_8\text{COCl}$) 【危：第四類引火性液体】	
性質	・無色～暗橙色の液体。無臭。可燃性の物質である。 ・水により分解し，塩酸を生じる。
保管	・直射日光を避け，容器を密閉し冷暗所 (10°C 以下) で保管する。
毒性 危険性	・蒸気を吸入すると，鼻，のどが刺激され，咳，頭痛，めまい，悪心，呼吸困難などを起こす。
廃棄	・廃棄物処理業者に委託する。
注意	・目に入ったり皮膚に付着した場合は多量の水で洗い流し，速やかに医師の手当てを受ける。 ・吸入した場合は新鮮な空気の中で休憩する。気分が良くならない場合は，速やかに医師の手当てを受ける。 ・塩化水素を発生するため，水を消化剤として使わない。

アセトン (CH_3COCH_3) 【危：第四類引火性液体】	
性質	・無色，液体。高い揮発性を有し，強い引火性がある。
保管	・容器は密栓して，換気の良い場所で保管する。
毒性 危険性	・眼・呼吸器に刺激を与える。めまいや眠気を引き起こすことがある。 ・吸引すると頭痛，気管支炎などを引き起こし，大量だと意識を失うこともある。 ・脱脂性が強く，手指や爪を劣化させる事がある。
廃棄	・廃棄物処理業者に委託する。
注意	・目に入ったり皮膚に付着した場合は多量の水で洗い流し，速やかに医師の手当てを受ける。 ・吸入した場合は新鮮な空気の中で休憩する。気分が良くならない場合は，速やかに医師の手当てを受ける。

3 試薬の扱い・試薬の調整



- (1) どの薬品も有毒なので、試薬の準備を行う際は、換気の良い場所で行う。行う。保護めがね・手袋を着用する。蒸気を吸ったり、手などに付いたりしないように気を付ける。
手に付いた場合は、すぐに洗い流す。取り扱い後は手を良く洗い、うがいをする。
- (2) 実験は、実験室の窓を開けるなどして、換気の良い場所で行う。

II 実験上の留意事項

1 実験の手順や方法，気をつける点

- (1) 保護めがねを着用させる。薬品の取り扱いに気をつけながら、ビーカーAに試験管①，ビーカーBに試験管②を入れ，それぞれ良く攪拌し溶解させる。



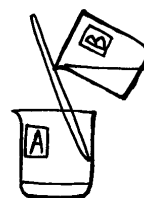
- (2) ビーカーAにビーカーBの溶液を，お互いが混ざらないように静かにゆっくり注ぎ入れる。

ビーカーAは水溶液，ビーカーBはベンゼン溶液である。

密度の違いで水溶液の方が重い。

Bの溶液にAの溶液を注ぐと，ビーカー内でAの溶液が沈み込み，きれいな膜が出来なくなる。

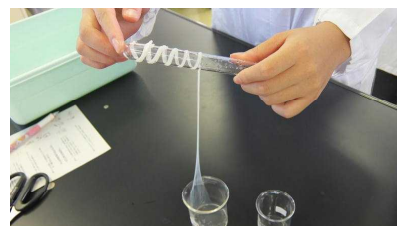
※考察の1



- (3) ビーカーAとビーカーBの溶液の境界面をピンセットでつまみ，繊維を引き出す。



- (4) 繊維の始まりを試験管に巻き付け，繊維同士が重ならないようにしながらゆっくり巻き取っていく。
腕の高さを一定に保つ。
上下するときれいな繊維が取れない。



- (5) アセトンと、ビーカーに入れた水で良く洗ってから、弾力性などを確認する。未反応の物質が残っている場合があるので、手で触ったあとは、しっかりと手洗いするよう声をかける。持ち帰った場合も同様にし、散らかすことのないよう指導する。
実験室の机に薬品が残らないように、雑巾でしっかり拭く。
実験室では、可燃ゴミとして処理する。



Ⅲ 実験後の留意事項

1 廃液の処理

重要

- ・ビーカーAとビーカーBの残留物は、有機溶媒の廃液として廃液ビンなどに回収し、処理する。
- ・固形物が残っていた場合は、反古紙等で拭き取り、可燃ゴミとして処理する。
- ・ビーカーCのアセトンも、有機溶媒の廃液として廃液ビンなどに回収し、処理する。
- ・ビーカーの底に残留物がある場合があるので、かき混ぜてから廃液ビンに移し、残留物が残らないように回収する。
- ・廃液の処理は、廃棄物処理業者に委託する。

2 器具の片付け

- ・器具の洗浄を行う。ビーカー内外・試験管・ガラス棒等にナイロンが残っていることがあるので、スポンジや試験管ブラシで良く洗う。
- ・机上に薬品がこぼれている場合があるので、洗った雑巾できれいに拭く。使った雑巾は洗ってから広げて干しておく。

Ⅳ その他

1 実験書の考察

- (1) 操作3と操作4の結果を参考に、ヘキサメチレンジアミンの水酸化ナトリウム水溶液（ビーカーA）と、セバシン酸ジクロリドのベンゼン溶液（ビーカーB）では、どちらの密度が大きいか書きなさい。また、その理由を考えて書きなさい。

ヘキサメチレンジアミンの水酸化ナトリウム水溶液

理由； 同じ容器に入れたとき、密度が大きい溶液の方が下になるので

- (2) 操作1で、ビーカー内にフェノールフタレイン溶液を入れた理由を考えて書きなさい。
また、実験中の変化、変化の理由を考えて書きなさい。

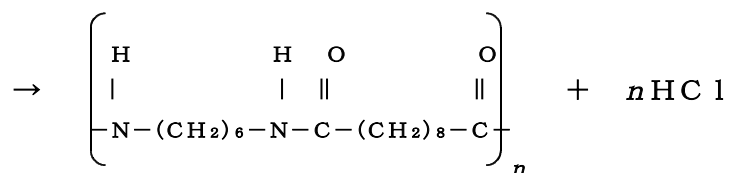
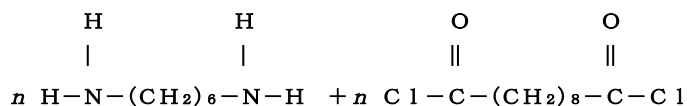
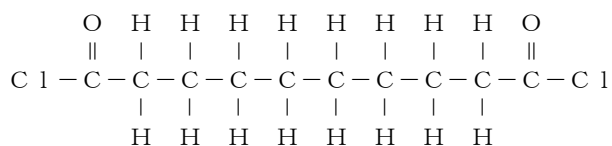
理由； NaOH溶液が、塩基性の溶液であることの確認のため（赤紫色に呈色）

変化； 反応が進むに従って、赤紫色が徐々に薄くなり最終的には無色になった

変化の理由； 生成した塩酸と水酸化ナトリウムとの反応が起き、塩基性溶液が中和されたため

- (3) ヘキサメチレンジアミンとセバシン酸ジクロリドから、6,10-ナイロンが合成される反応を、セバシン酸ジクロリドの構造式を含む化学反応式で書きなさい。

[参考] セバシン酸ジクロリドの構造式



- (4) ナイロンと絹の特徴と構造上の類似点を考えて書きなさい。

炭素が含まれている・伸縮性がある・つるつるした触感・

アミド結合 (-CO-NH-) が含まれている

銅アンモニアレーヨンの合成

年 組 番 氏名

【目的】セルロースから作られる銅アンモニアレーヨンは実用上価値のあるものである。
実験でこの銅アンモニアレーヨンを合成する。

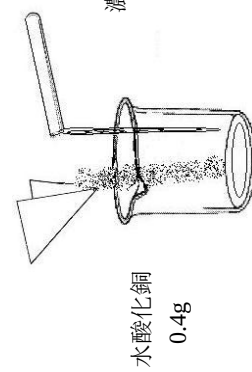
【器具】ビーカー、水槽、注射器、ガラス棒、ピンセット、ろ紙

【薬品】水酸化銅 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 0.4 g 濃アンモニア水 NH_3 14mL
脱脂綿(セルロース) 0.2 g 2mol/L 硫酸 50mL

【実験】

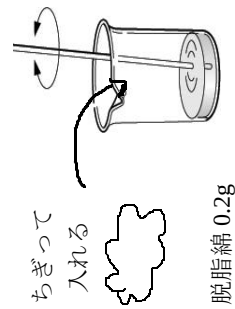
- ① 水酸化銅の粉末 0.4g をビーカーに入れ、これに濃アンモニア水 14mL を加え、よくかき混ぜる。(シュバイツァー液)
- ② 水酸化銅が濃アンモニア水に溶けたら脱脂綿 0.2g を細かくちぎって入れ、かき混ぜ溶かす。
- ③ 脱脂綿の繊維が見えなくなり、さらに濃度の高い溶液(ベンベルグ液)になったら注射器に吸い上げる。
- ④ 希硫酸を入れた水槽に注射器の中のベンベルグ液を勢いよく押し出す。ベンベルグ液が塊にならないようにピンセットで少しずつ引っ張る。液が細切れにならないように注意する。
- ⑤ ベンベルグ液が無色透明になるまでしばらくおく。
- ⑥ ピンセットで透明になった繊維(銅アンモニアレーヨン)を引き上げ、水の入ったビーカーに入れよく洗う。
- ⑦ ろ紙の上のにせ観察する。

①シュバイツァー液をつくる



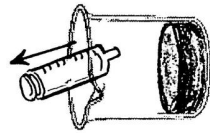
水酸化銅と濃アンモニア水
を入れよく溶かす

②ベンベルグ液をつくる



脱脂綿を加え、溶かす

③注射器に吸い上げる



【結果】

- (1) ベンベルグ液の様子を記述せよ。

- (2) 注射器から押し出したときからの希硫酸中のベンベルグ液の変化の様子を記述せよ。

- (3) 合成された銅アンモニアレーヨンの様子(外観・引っ張り強さ等)を記述せよ。

【考察】

- (1) シュバイツァー液のどのような成分がセルロースを溶かす働きをもっているか。
名称と化学式を答えよ。

- (2) ベンベルグ液中のセルロースはどのような化合物に変化しているか、調べよ。
名称と化学式・構造式を示せ。

- (3) ベンベルグ液から再生されたセルロースは、分子中にシュバイツァー液の成分を含むかあるいは純粋なブドウ糖の高分子化合物か。

銅アンモニアレーヨンの合成

I 準備における留意事項

1 使用器具

ビーカー、 水槽（またはシャーレ）、 注射器、 ガラス棒、 ピンセット
 価格目安 注射器（ガラス製）（10mL） 900 円
 注射器（プラスチック製のディスポーザブル）（10mL） 55 円
 注射針 10 本（個包装） 250 円（できるだけ針穴の太い物を求めると良い）

2 使用する試薬等

水酸化銅 $\text{Cu}(\text{OH})_2$	
性質	・淡青色無定形粉末または結晶。
保管	・熱に不安定なので、日光、熱を避け暗所に保存する。
毒性 危険性	・通常取り扱いなら危険性は低い。 ・酸化剤との混触で反応する。
廃棄	・廃棄物処理業者に委託する。
注意	・通常取り扱いで安定。 ・60～80℃の加熱により脱水分解し、黒色の酸化銅(Ⅱ)となる。

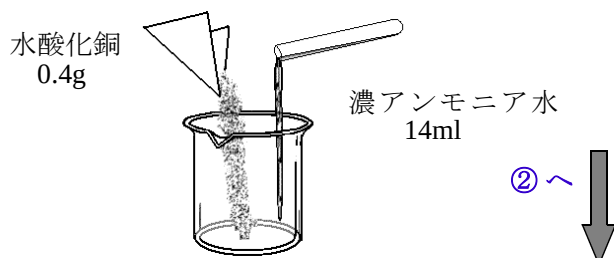
アンモニア水 (NH_3) 【劇物】	
性質	・揮発性の高い無色のアンモニア水溶液、強い刺激臭、強アルカリ性。 ・沸点(25%) 38℃, 融点：(25%) - 58℃, 比重(水=1)：(25%) 0.9
保管	・酸化剤、酸、ハロゲン類から離す。 ・換気のよい冷暗所に密封して保管する。 ・濃い溶液では圧力が高まるがあるので、ふたは注意してはずす。
毒性 危険性	・皮膚、粘膜に対する刺激および腐食性が強く組織の深部に達しやすい。 ・高濃度のアンモニア水が目にはいると視力障害を起こすことがある。
廃棄	・希塩酸・希硫酸などで中和し、多量の水で薄めて処理する。
注意	・必ず換気を良くし、保護めがねを装着して扱う。 ・皮膚に付いたときには多量の水で洗い流す。 ・目に入った場合は多量の水でよく洗い流し、眼科で手当てを受ける。 ・気体のアンモニアは火気厳禁。 ・必ずゴム手袋をして、噴出に注意しながら開ける。 ・高濃度の蒸気を吸入しないこと。

硫酸 (H_2SO_4) 【劇物】	
性質	・無臭、無色、油状の吸湿性液体。
保管	・水、可燃性物質、還元性物質、塩基、金属等から離す。 ・密栓して冷暗所に保管する。
毒性 危険性	・脱水作用が非常に強く、人体に触れると水を取り激しい薬傷がある。 ・蒸気を長時間吸入すると呼吸器が侵される。 ・目に入ると失明することがある。
廃棄	・廃棄物処理業者に委託する。 ・水酸化カルシウム、炭酸ナトリウム等で中和させた後、多量の水で希釈処理。
注意	・保護手袋、保護衣、保護めがねを使用する。 ・溶解または希釈する時は必ず水の中に硫酸を徐々に加える。

II 実施上の留意事項

1 扱いと実験の手順（手順は①から⑥まで矢印の順に進む）

① シュバイツァー液をつくる



水酸化銅と濃アンモニア水を入れ、よく溶かす



ワンポイントアドバイス

◆濃アンモニア水は強い刺激臭なので三角フラスコに入れゴム栓をするかビーカーにシャーレでふたをすると良い。



シュバイツァー試薬について

水酸化銅に濃アンモニア水を加えて溶かすという方法でもよいが水酸化銅だと生成方法によっては塩基性塩を含んでいたり、ゲル状であったり酸化銅に変化したりする。



硫酸銅を濃アンモニア水に溶かし、テトラアンミン銅(II)イオンを生成した後、水酸化ナトリウムを加える方が良いと思われる。

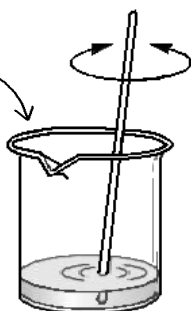
② ベンベルグ液をつくる

脱脂綿 0.2g を少しづつちぎって入れる



ワンポイントアドバイス

脱脂綿は正確にはかること

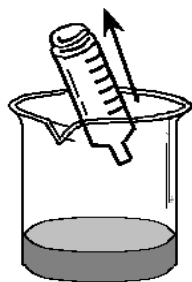


ワンポイントアドバイス

もしも……

液がどろどろになって注射器で吸えない場合は粘性を見ながら濃アンモニア水を1～2mL 加え、注射器で吸えるくらいの粘性にすると良い。

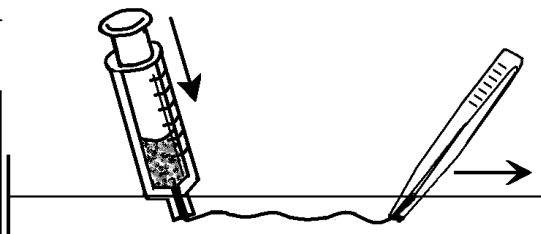
③ 注射器に吸い上げる



④水槽またはシャーレの中に 2mol/L 硫酸を 40～50mL 入れ、その中に注射器で押し出す（繊維の太さが均一になるようピンセットで一定に引っ張りながら糸状になるよう押し出すのがコツです）。



注射針を付けて繊維を押し出すとききれいな細い繊維が得られるが注射針の扱いには充分気をつけること（化粧品詰め替え用の針が先端が尖っていないので安全、百均ショップでも化粧品用スポイトとして販売されている）。※注射針の穴が小さすぎると詰まることがある。



硫酸が衣服につくと硫酸の脱水作用により希硫酸の水分子が飛んで濃硫酸となり、服に穴があいてしまう。



希硫酸が皮膚や衣服につかないよう注意。



もしついてしまったらすぐに水道水で洗い流す。

2mol/L 硫酸の作り方

濃硫酸 1 体積を 8 体積の水に加える

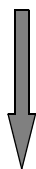
純水 80mL に濃硫酸 10mL を少しずつ加える。
※発熱するのでビーカーを氷水で冷やしながら調製する。



このとき水に濃硫酸を少しずつ加える。濃硫酸に水を加えると溶解熱により突沸が起こりとても危険である。

- ⑤ 希硫酸の中でできた銅アンモニアレーヨン（再生セルロース）が無色透明になるまで待つ。

⑥



テトラアンミン銅(Ⅱ)イオンが硫酸と反応して銅イオンとアンモニウムイオンとなる。押し出された直後の青色が白色に変化するのはこのため。また希硫酸が硫酸銅水溶液となるためシャーレの水溶液の色が青色になる。

- ⑥ 透明になった銅アンモニアレーヨンを引き上げ水洗いをし、乾燥させる。（終了）

III 実施後の留意事項

1 廃液処理

青い銅イオンの入った水溶液はすべて回収し、廃棄物処理業者に委託処理をお願いする。シャーレの中の溶液は硫酸銅水溶液になっているので回収する。

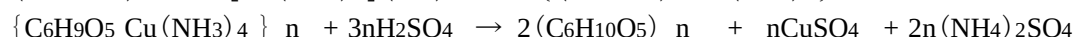
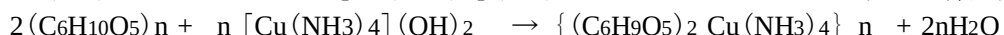
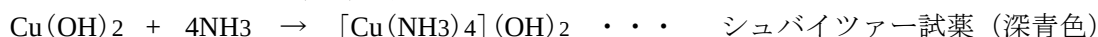
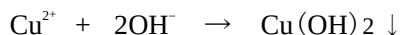
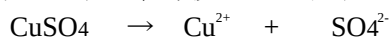
2 器具の処理

シュバイツァー試薬のビーカーは水槽（シャーレ）中で使用した希硫酸を加えて洗い落とすときれいになる。さらに下に受け皿（ビーカーなど）を置きネットでこすと繊維と液とを分けることができる。いずれにしても溶液はすべて回収すること。注射器や注射針は良く洗い、乾かして再利用する。

IV その他

1 反応式

実験の過程を化学反応式で表すと次のようになる。



2 豆知識

銅アンモニアレーヨンをキュプラ、ベンベルグともいう。セルロースが銅アンモニア溶液に溶解することをドイツのシュバイツァーが発見。シュバイツァー試薬と呼ばれる。その後、ドイツのベンベルグによって製品化されたのでベンベルグと称して販売した。日本では 1929 年に旭化成工業の前身、日本ベンベルグ絹糸株式会社によって製品化された。

3 シュバイツァー試薬の作り方（1 班分）

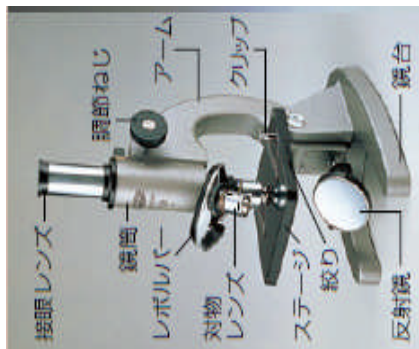
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 1g を乳鉢ですって粉末にする。これを三角フラスコに移し濃アンモニア水 10mL を入れ、ゴム栓をして混ぜる。さらに 2mol/L-NaOH を 4mL 加えると深青色の溶液になる。これがシュバイツァー試薬だが実験するとき直前に作る方がよい（作り置きはしない）。

4 おまけの Q & A

Q ベンベルグ液（再生繊維）を希硫酸中に押し出すのは？

A 上記反応式のように、テトラアンミン銅(Ⅱ)イオンが硫酸と反応して銅イオンとアンモニウムイオンとなる。押し出された直後の銅アンモニアレーヨン（再生繊維）の青色が次第に白色に変化するのはこのためである。またシャーレの中の希硫酸は硫酸銅水溶液となるため、シャーレの水溶液の色が青色になる。

【光学顕微鏡の使い方】



2 接眼レンズ、対物レンズの順につけ、対物レンズにゴミが落ちるのを防ぐ。対物レンズは手を添えてつける。



4 反射鏡を調節し、均一に光が入るようにする。



5 試料が真下にくるようにプレパラートをステージにのせクリップで止める。



6 横から見ながらプレパラートを対物レンズに近づける。



7 ビントが合うまで調節ねじをゆっくり動かす。



8 倍率の変更はビントが合った状態で行う。

(実教出版生物総合資料より)

ツクシの胞子を観察する

(ア) 右下図の植物の名前は①_____であり、②_____で増えず、

③_____で増える④_____植物の仲間である。

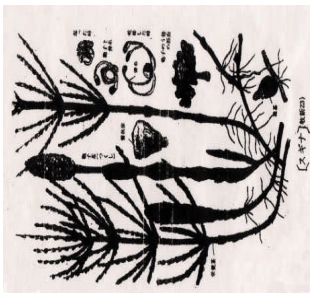
(イ) ①と「ツクシ」は地下茎でつながっている。

(ウ) ①は緑色の葉であり、光合成を (⑤する・しない) が「ツクシ」は緑色でなく光合成を (⑥する・しない)。

(エ) 「ツクシ」のはたらきは、_____である。

胞子の色は_____色である

〔胞子の中に_____が含まれているからである〕

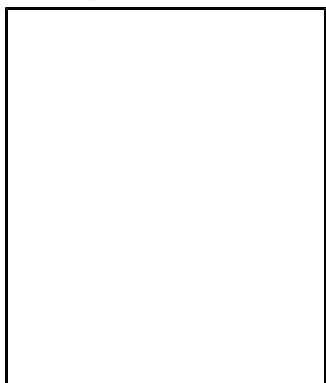


※胞子の観察方法

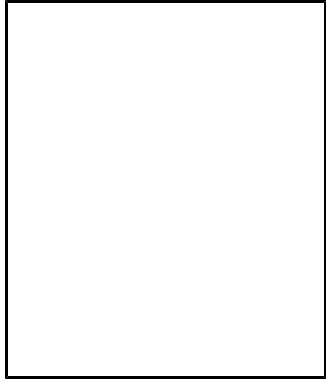
- ・胞子をほんの少しスライドガラスの上にとり、低倍率 (15 × 10 倍) で観察してみる。
- ・スケッチする時には高倍率 (15 × 40 倍) にして細かな点まで観察する。(この時はカバーガラスをかける)

※顕微鏡で観察した胞子のスケッチ

注) 1つの胞子を高倍率で観察した図をスケッチする。



(湿っている) 息を静かに吹きかける



【問】弾糸が伸びることで胞子はどのようなになるのか。

胞子に息を吹きかけるとどのようなになるのか。

胞子に息を吹きかけたのはどんな条件を与えたのか。

顕微鏡の使い方

I 準備における留意事項

1 使用器具

光学顕微鏡, カバーガラス, スライドガラス, ピンセット, 時計皿, 活字プレパラート, ツクシ



※ツクシは3月中旬から採集し、シャーレに入れて、冷蔵庫に保管する。
胞子は長期間の保存でも十分観察することが可能である。

2 顕微鏡の扱い方

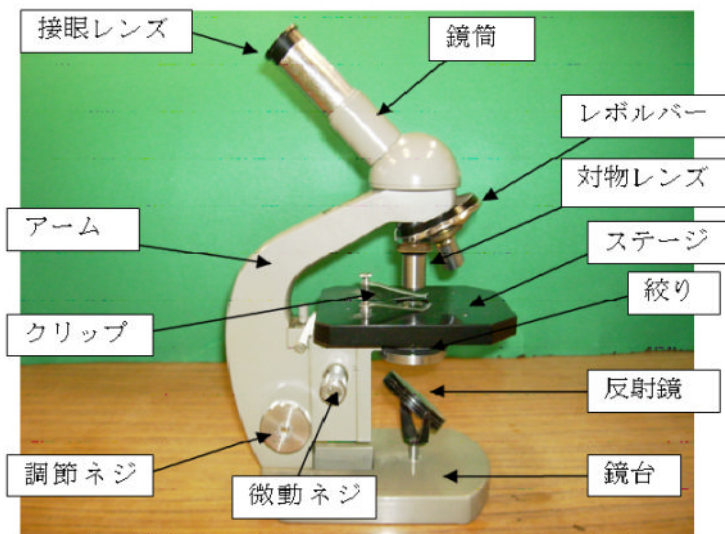
- (1) 箱に入っているときは上部の取っ手を持ち、他方の手を箱の底に添え持ち運ぶ。
- (2) 本体のみの時は、一方の手でアームを持ち、他方の手を鏡台の下に添えて持ち運ぶ。
- (3) 顕微鏡の箱は、机の下の邪魔にならないところにかたづけておく。
- (4) 顕微鏡は通気性の良い、湿気のないところに保管しておく（スチールロッカー等）。

3 光学顕微鏡の構造



顕微鏡にはいろいろな形式がある、どの機種も名称は大体同じ表現がされている。

- (1) 各部の名称は右図のとおり。
- (2) 顕微鏡にはステージが上下するものと鏡筒が上下するものがある。
- (3) 右図はステージが上下する形式のものである。実験を行う前にどのような形式のものを備えてあるかを確認しておくことが必要である。



II 実施上の留意事項

1 レンズの取り付け方

- (1) 最初に接眼レンズを付ける。
(4倍, 7倍, 10倍, 15倍などが常備)



鏡筒からホコリが落ちる恐れがあるので、レンズは必ず接眼レンズから付けて行く。
検鏡終了後、接眼レンズを外した後は必ずキャップをしておく。

- (2) 対物レンズをレボルバーの穴にねじ込むように取り付ける。この時必ず手を添えて対物レンズを落とさないように注意する（10倍, 40倍の両方とも取り付ける）。
- (3) 反射鏡を調節して視野が均一な明るさになるようにする。
 - ① 平面鏡：低倍率で検鏡するときに使う。
 - ② 凹面鏡：高倍率で検鏡するときに使う。



直射日光を入れることは厳禁！

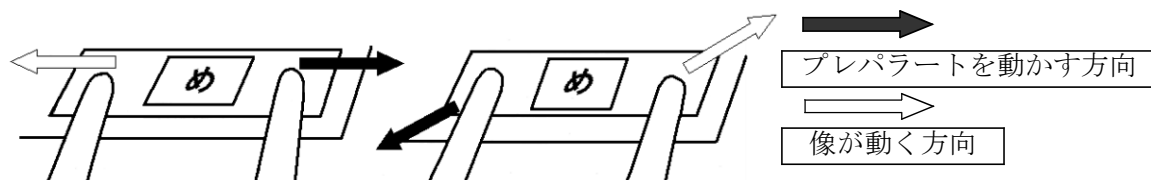
- (4) ステージの下にある絞りは視野の明るさを調節するもので、絞ると暗くなるが輪郭は鮮明に見えるようになる。

2 ピントの合わせ方

- (1) 活字を張ったプレパラートをステージ上の接眼レンズの真下に置き、クリップで押さえる。
- (2) 低倍率の対物レンズを横から見ながら調節ネジを動かし、プレパラートいっぱいまで近づける。
- (3) 接眼レンズをのぞきながら調節ネジを回してピントを合わせる。
(微動ネジのある物では、調節ネジでピントを合わせ微動ネジで微調整することが出来る。)
- (4) 低倍率（対物 10 倍）でピントを合わせる。高倍率にするときはその状態のままレボルバーを回し高倍率（対物 40 倍）にする。
- (5) 高倍率に切り変えるとき、対物レンズはカバーガラスとすれすれの位置になるが、絶対にカバーガラスに接触することはないので、カチッと止まるまでレボルバーを回す。
もしもカバーガラスに触れるようなことがある場合は以下のことが考えられる。
 - ① 対物レンズの付け方の不備。
 - ② 顕微鏡と対物レンズが合っていない（メーカーが違う・型式が違う等）。
 - ③ プレパラートが裏返しに置かれている。
 - ④ 顕微鏡の異常
- (6) 視野の明るさを調節する必要がある場合は絞りを使う。ステージの下に付いているタイプはリングを回す。ステージの横にダイヤルがあるものはそれを動かして鮮明さを調節する。

3 プレパラートの動かし方

光学顕微鏡で見る像は実際と上下左右が反転しているため、プレパラートを動かす方向と像が動く方向は逆になる。



- ① プレパラートを右に動かすと像は左に移動する。（左→右）
- ② プレパラートを下に動かすと像は上に移動する。（上→下）

4 ツクシの胞子を観察する

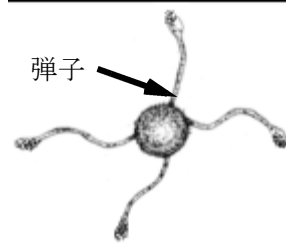
- (1) スライドガラスの上にツクシの胞子をほんの少し振り落とし、カバーガラスを掛けずに低倍率（15 × 10 倍）で観察する。胞子は振り落としすぎると、緑色の綿のように盛り上がってしまい良い状態で検鏡できないので、少しだけスライドガラス上に落とすようにする。
 - ① ふたり一組になって、ひとりがスライドガラス上の胞子に口を近づけて手を暖めるような要領で静かに湿った息を吹きかけ、もうひとりが顕微鏡で観察する（交互に観察する）。
 - ② 胞子は粉のように見えるが足のようなものが付いているのが確認できる（これを弾子という）。
 - ③ 生き物のようにクルッとまるまる様子を観察し、湿り気がなくなるとすぐに元に戻る様子も観察する。
 - ④ 弾子は 4 本のように見るが、中央で胞子に付着しているため、実際は 2 本である。



・緑色球形の胞子に弾糸が 2 本付着している、弾糸は中央で交差している。
生徒は弾糸を 4 本とみなすので注意する。弾糸が取れている胞子もある。
・検鏡をしていると、巻き付いた弾糸が急にほどけてくる（弾糸の乾湿運動）。

(2) スケッチの方法

- ① スケッチするときには高倍率（15 × 40 倍）にして、この時はカバーガラスをかける。
- ② 立体的に観察するために調節ネジで微調整しながら観察する。
- ③ 視野の輪郭は書かなくて良い。
- ④ スケッチは点と線で大きく描く。



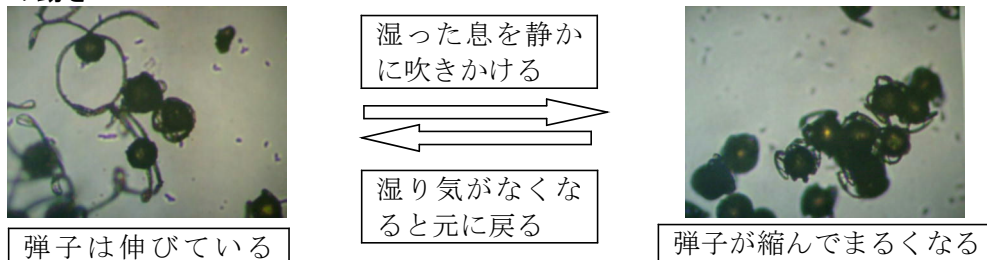
Ⅲ 実施後の留意事項

1 顕微鏡の仕舞い方

- (1) 対物レンズを外す、この時は必ず手を添えてレンズを落とさないように気をつける。
- (2) 取り外した対物レンズは、孢子が付着している恐れがあるのでティッシュペーパーで拭いてケースに収める。
- (3) 接眼レンズを外しケースに収め、鏡筒にはキャップをする。
- (4) ステージ上にも孢子が付いていることがあるのでティッシュペーパーで拭いておく。
- (5) 顕微鏡は箱に仕舞いロッカーに収納する。
- (6) 使用したスライドガラス・カバーガラスは水で洗いその他の器具と共に教卓上に返却する。
- (7) ツクシも教卓に返却する（冷蔵庫内で長期間保存することが出来るので再度の使用が可）。

Ⅳ その他

1 孢子の動き



2 スギナの孢子

スギナの孢子は顕微鏡の使用法を実習するうえで、次のような長所がある。

- ・カバーガラスをかけなくても全形が確認できる。
- ・孢子の数が多く視野に入りやすい。
- ・湿度に反応して動く。
- ・球形の孢子，糸状の弾糸，へら状の先端など多様な形態でスケッチの練習になる。

スギナはシダ植物トクサ科に属し，弾糸の先はスプーン状で小さな突起がある。弾糸は2層構造を持ち，内側はセルロース質，外側はペクチン質から成る。内側のセルロース層は水を吸わないが，外側のペクチン質は水をよく吸収するため，吸水するとふくれ，乾燥すると縮む。

乾湿運動によって孢子を弾き飛ばす構造物は弾糸とよばれ，苔類の子嚢の中に孢子と混じって存在するものや，変形菌中の真正粘菌類に見られる細毛体などがある。

3 植物の運動

植物の運動には，その運動をひき起こすメカニズムによって成長運動・膨圧運動・乾湿運動がみられる（単細胞植物や群体をつくる植物では，変形菌の変形体にみられるアメーバ運動，クラミドモナスやボルボックスにみられるべん毛運動がある）。

成長運動・・・植物体が成長するときの運動で，成長ホルモンが関係する。植物体の一部が他よりすみやかに，あるいは大きく成長するために，植物体が一定の方向へ屈曲していく運動。

例 刺激と関係ある屈性や，傾性の運動としてあらわれるが，刺激によらない伸長もある。

膨圧運動・・・成長とは関係のない運動で，植物体の一部の細胞に膨圧の変化が起こり，その結果，植物が屈曲あるいは変化する運動。

例 オジギソウやハエトリグサの運動。ネム・ハギなどの睡眠運動。気孔の開閉。

乾湿運動・・・死んだ細胞の細胞壁の吸湿または乾燥によって起こる物理的運動で，死細胞の細胞壁の含水量の変化によるのびちぢみ運動。

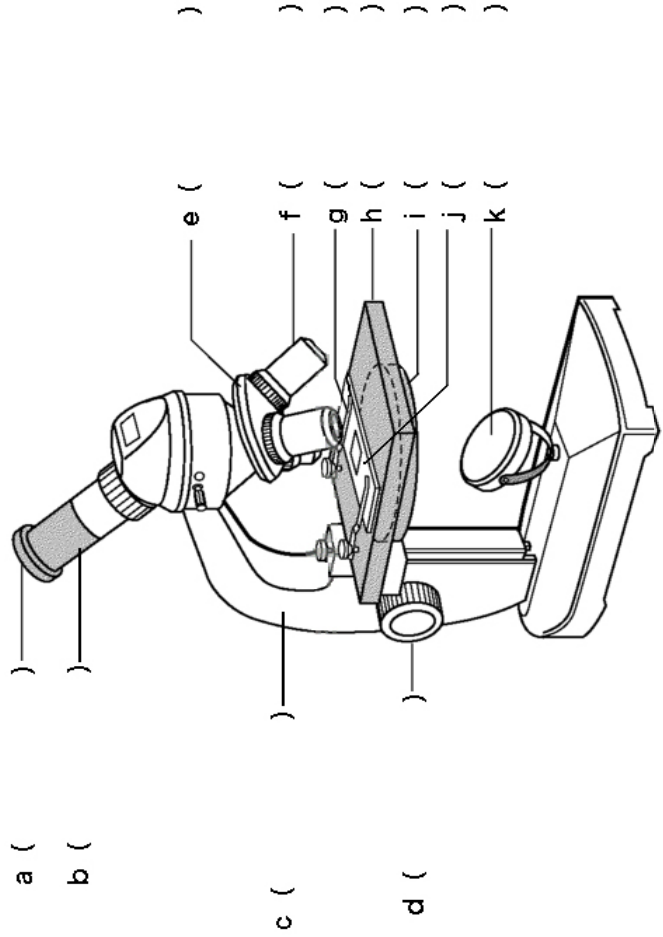
例 裂開した果実が，湿度の高い時はつぼみ，日当たりの良いときに種子をはじき飛ばす膨張，収縮の運動。スギナ孢子の弾糸の運動。マツカサの鱗片の開閉。シダの孢子のうのはじける運動。

【目 的】 光学顕微鏡の使い方を学ぶと共にイシクラゲを観察して原核生物の特徴を確認する。

【準 備】 光学顕微鏡、スライドガラス、カバーガラス、はさみ、ピンセット、スポイト、柄付き針、ろ紙、シャーレ、「の」の字と青紙のプレパラート

【実 験】 材料：(原核生物) イシクラゲ

(1) 顕微鏡の各部の名称



- (2) レンズの付け方
①接眼レンズをつけてから対物レンズをつける。
理由 ()
- ②倍率の求め方
() × ()
- ③接眼レンズをのぞきながら反射鏡を動かし、視野全体が最も明るくなるようにする。
- (3) 観察材料の準備と観察
①文字(「の」の字)が印刷された試料が貼り付けられたプレパラートを文字が肉眼で見えて読めるようにステージにセットし、文字が対物レンズの中央にくるようにしてクリップで留める。

- (4) ピントの合わせ方
①低倍率から観察する。(接眼レンズ10倍または15倍、 対物レンズ10倍)
②顕微鏡を横から見ながら調節ねじを回してステージと対物レンズを最も近づける。
③接眼レンズをのぞきながら調節ねじを回してステージを対物レンズから遠ざけながらピントを合わせていく。(理由：)
④接眼レンズをのぞきながらプレパラートを前後左右に動かして文字の動き方を確認する。前に動かすと→() 後ろに動かすと→()
左に動かすと→() 右に動かすと→()
「の」の字はどのように見えたか。()
- (5) 倍率の上げ方
①低倍率の対物レンズ10倍でピントを合わせたら、そのまま静かにレボルバーを回して対物レンズを40倍にする。(対物レンズを持って回さないこと)
※いきなり高倍率の対物レンズでピントを合わせないこと
(理由：)
②高倍率にすると視野が暗くなるのでしぼりを調節して、鮮明な像が見えるようにする。一般的に低倍率の時はしぼりを絞って高倍率では絞りは開く。()
高倍率にしたとき視野の明るさはどうなったか。()
※焦点深度：ピントが合う範囲のこと。高倍率にすると狭く(浅く)なる。
- (6) 原核生物イシクラゲを観察する。
①シャーレに入ったイシクラゲをはさみで小さく切り取る。
②切り取ったイシクラゲの薄片をスライドガラスにのせ、柄付き針とピンセットでほぐす。
③スポイトで水を1滴加えてカバーガラスをかけ、ろ紙を1枚のせて上から軽く押しつぶす。
④顕微鏡で観察する。低倍率で見えたら高倍率にしてみる。
⑤スケッチをする。

--	--

原核生物イシクラゲを観察しよう

※実験書にある顕微鏡の名称と使い方については手引き書「顕微鏡の使い方」のページを参照してください。ここではイシクラゲに関する留意事項をのせておきます。

I 準備における留意事項

1 使用するもの

(器具) 顕微鏡, スライドガラス, カバーガラス, ピンセット, スポイト, はさみ
(材料) イシクラゲ

2 イシクラゲの入手方法

(1) 購入方法

ナリカで1 g 3000円で販売している。それ以外の業者では扱っていない。(カタログに掲載がない)

(2) 学校内で探すことができる

ほとんどの学校の校庭や敷地内または公園などに1年を通して生息しているので探してみるとよい。

晴れた日



雨の日



乾燥していると黒色または褐色で乾燥わかめのような状態で薄い膜のようである。雨の時に見る水分を含んだイシクラゲとは違い、黒く目立たずに生息していて足下のコンクリートや砂地にへばりついている。周りの砂利や土と同化して確認しにくい。よく見ないと見過ごしてしまう。雨が降ったりすると写真でもわかるように寒天のようにブヨブヨしている。色は黒っぽい緑色または褐色である。まるで肉厚のわかめか昆布のようである。生徒も見たことはあるだろうがこれがなんなのかわからないというのがイシクラゲではないかと思われる。このイシクラゲを水に浸して切ったものを顕微鏡で観察すると多数の球形の細胞が数珠のように並んでいるのが観察できる。このことからネンジュモ(念珠藻)といわれている。

校庭などで見つけたイシクラゲを乾燥させてビニール袋に入れて保存しておくと1年を通して実験材料として使用できる。



Ⅱ 実施上の留意事項

- (1) 乾燥したイシクラゲを水の入ったシャーレに浸す。20分ぐらいすると実験に使える状態になる。
ワカメのようになったイシクラゲから、土や砂がついている場合は水洗いをして取りのぞく。



乾燥した状態



水の入ったシャーレに浸した



拡大するとまるでワカメのようす

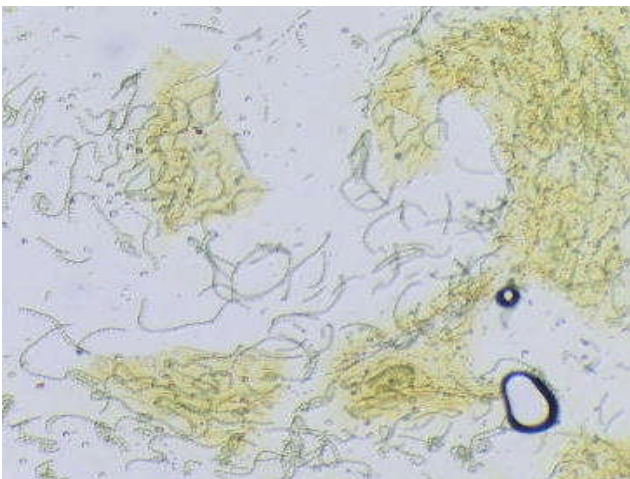
戻すのに 20 分かかるので、授業の初めに水に浸して、その間顕微鏡の準備をさせる。またはあらかじめ、事前に水に浸して、すぐに実験できるようにするなど方法はいろいろある。

- (2) イシクラゲのプレパラートの作成

寒天状にふくれたイシクラゲをはさみを使い、なるべく薄く切り(1mm)、スライドガラスにのせ水を1滴落として、柄付き針とピンセットを使って軽くほぐす。

細胞が重なり合っていると顕微鏡で観察したときにわかりにくいので、細胞をできるだけ1層にした方が数珠状の様子がよくわかる。カバーガラスをかけて軽く押しつぶす。

- (3) 顕微鏡で観察する



低倍率 (150 倍)



高倍率 (600 倍)

- (4) スケッチをさせる

細胞の形態や葉緑体の有無を記録する。



ワンポイントアドバイス

原核細胞と真核細胞を比較するのに染色液で染色して顕微鏡で観察をする。
原核細胞は核がないので染まらない。真核細胞は核が染まる。

Ⅲ 実施後の留意事項

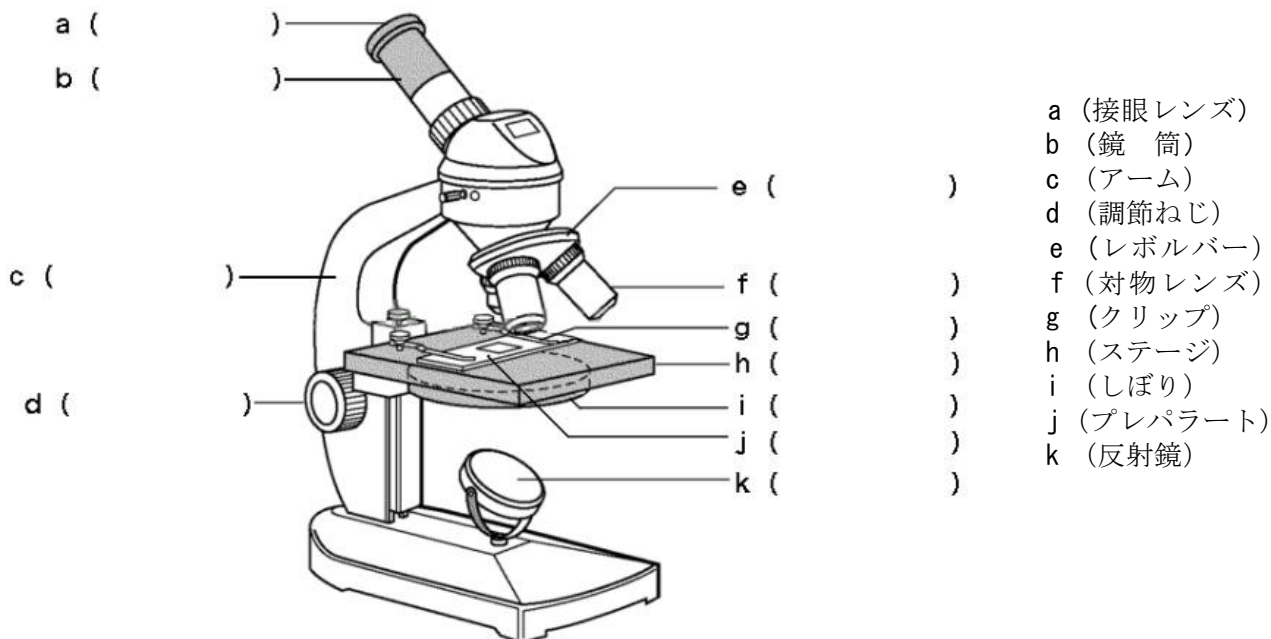
- 1 片付けについて

特別注意することはない。

IV その他

1 実験書の考察

(1) 顕微鏡の各部の名称



(2) レンズの付け方

①接眼レンズをつけてから対物レンズをつける。

理由 (鏡筒からほこりやゴミが入り、対物レンズについてしまうから。)

②倍率の求め方

(接眼レンズの倍率) × (対物レンズの倍率)
10 × 40 = 400 倍

③接眼レンズをのぞきながら反射鏡を動かし、視野全体が最も明るくなるようにする。

(3) 観察材料の準備と観察

①文字 (「の」の字) が印刷された試料が貼り付けられたプレパラートを文字が上になるようにステージにセットし、文字が中央にくるようにしてクリップで留める。

(4) ピントの合わせ方

①低倍率から観察する。(接眼レンズ 10 倍、対物レンズ 10 倍)

②顕微鏡を横から見ながら調節ねじを回してステージと対物レンズを最も近づける。

③接眼レンズをのぞきながら調節ねじを回してステージを対物レンズから遠ざけながらピントを合わせていく。

(理由：近づけていくとプレパラートが対物レンズにあたり破損するおそれがあるから)

④接眼レンズをのぞきながらプレパラートを前後左右に動かして文字の動き方を確認する。

前に動かすと→ (後ろに) 後ろに動かすと→ (前に)

左に動かすと→ (右に) 右に動かすと→ (左に)

「の」の字はどのように見えたか。(上下左右逆に見えた)

(5) 倍率の上げ方

①低倍率の対物レンズ 10 倍でピントを合わせたら、そのまま静かにレボルバーを回して対物レンズを 40 倍にする。(対物レンズを持って回さないこと)

※いきなり高倍率の対物レンズでピントを合わせないこと

(理由：高倍率だと見える範囲が狭いのではじめて高倍率で見ようとすると時間がかかってしまうので低倍率であわせてから高倍率にする。)

②高倍率にすると視野が暗くなるのでしぼりを調節して、鮮明な像が見えるようにする。一般的に低倍率の時はしぼりを絞り高倍率では絞りは開く。

高倍率にしたとき視野の明るさはどうなったか。(暗くなった。)

2 イシクラゲについて

イシクラゲ・・・・・・ 藍藻類ネンジュモ属

イシクラゲは土壌や芝生などの身近なところに、肉眼で簡単に確認することができる原核生物である。

学校の敷地内で採取したものを実験に使うことによって、生徒に身近にある生物であると教えることができる。また経費もかからないので、簡単に一年を通していつでも実験できる。

原核生物と真核生物を比較してみると以下の表のとおりである。

	原核生物	真核生物
細胞質	(細菌類やラン藻類) 細胞壁や細胞膜がある 核はない	細胞壁や細胞膜がある タンパク質からなる骨格 細胞質流動がある
細胞の大きさ	1 ～ 1 0 μm	5 ～ 1 0 0 μm
細胞小器官	なし	核・ミトコンドリア・葉緑体 小胞体がある
DNA	細胞中に環状の DNA	長い線状の DNA, 核膜に包まれている
RNA とタンパク質	RNA とタンパク質は同じ区画で合成	RNA は核内で合成されプロセシングされるタンパク質は細胞質で合成される
代表的な生物	イシクラゲ (ネンジュモ) コレラ菌 ユレモ (シアノバクテリアの一種)	オオカナダモ, タマネギのりん葉表皮, 人の口腔粘膜細胞



数珠状の細胞の大きさ一つひとつは $4\mu\text{m}$ に対して他の細胞より大きいこの異質細胞の大きさは $7\mu\text{m}$ くらいある。

異質細胞



ワンポイントアドバイス

原核生物

- 細胞自体が葉緑体の機能を持っていて細胞内に光合成色素 (クロロフィル a など) や炭酸同化を行う酵素が存在している。
- 顕微鏡で観察すると糸状の数珠状のような細胞の中に一回り大きな細胞壁の厚い細胞がある。これを異質細胞という。この異質細胞で空気中の窒素をアンモニアに換える窒素固定が行われている。

3 実験方法についての補足

- 細胞の大きさをマイクロメーターを使って大きさを測る実験をする。
- 原核細胞 (イシクラゲ) と真核細胞 (オオカナダモ) の比較実験をする。

【目 的】

細胞や核の大きさを測り、ミクロメーターの使い方を習得する。

【準 備】

タマネギの鱗茎葉、酢酸オルセイン
(または酢酸カーミン) 光学顕微鏡、
スライドガラス、カバーガラス、ピンセット
柄付き針、カミソリの刃、
ミクロメーター (対物・接眼)

【方 法】

①タマネギの鱗茎葉を縦に切り、鱗茎葉の内側中央部にカミソリの刃で、約 5 ヲ四方の切れ込みを入れる。
②①の表皮をピンセットではがし取る。
③表皮をスライドガラスのせ、酢酸オルセインを 1、2 滴かけ、カバーガラスをのせる。
④最初に低倍率 (15 × 10 倍)、次に (15 × 40 倍) で検鏡し、細胞の様子や核 (赤く染まっている) を観察する。
⑤高倍率で観察した細胞の内の一つの様子をスケッチする。
⑥スケッチした細胞の大きさと、核の大きさをミクロメーターを使って測定する。(全員がミクロメーターをできるように)

【結 果】

◎ スケッチ

× 倍

◎ 測定結果

接眼ミクロメーターの 1 目盛り
の長さ

μ m

細胞 (長い方)

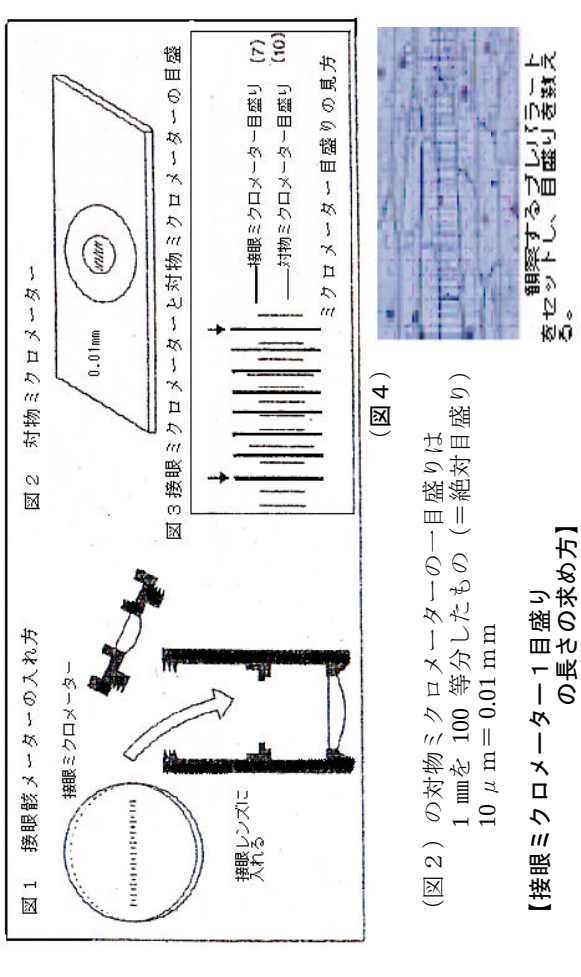
μ m

核 (直径)

μ m

ミクロメーターの使い方

顕微鏡で観察するものの長さを測定するには、ミクロメーターという物差しを使う。
接眼ミクロメーターの 1 目盛りの長さをあらかじめ計算してから測定する。
【手 順】①接眼レンズの上部を回して外し、筒の中に接眼ミクロメーターを入れ、接眼
レンズを元に戻し鏡筒にセットする。等間隔の目盛りが見えることを確認する。
(図 1)
②対物ミクロメーターをステージにのせ、低倍率で対物ミクロメーターの目盛
りに焦点を合わせてから接眼レンズを回して両方の目盛りを平行にし、重な
って見えるように調整する。(図 2)
③両方の目盛りがびつたりと重なるところを 2 カ所さがし、その 2 点のあいだ
のそれぞれの目盛りの数を数える。(図 3)



マイクロメーターの使い方（細胞の大きさと核の大きさ）

I 準備における留意事項

1 使用器具・材料

スライドガラス、カバーガラス、ピンセット、柄付き針、カミソリの刃、時計皿、スポイト、マイクロメーター（対物・接眼）、タマネギの鱗茎葉

2 使用する試薬等

酢酸オルセイン染色液



酢酸オルセイン染色液の作り方

①氷酢酸 45mL をビーカーに入れ、弱火で加熱しながら 1g のオルセインを溶かす。

②冷却後 55mL の純水を加えてろ過する。

溶液が市販されているが、調製することもできる。酢酸で薬傷を起こす危険があるので扱いには注意すること。酢酸オルセインは作ってから日を経るとゴミのような結晶ができるので、その際はろ過して使用すると良い。

II 実施上の留意事項

1 マイクロメーターの扱い方

接眼マイクロメーター・・・倍率によって変わる

対物マイクロメーター・・・倍率によって変わらない

（1）接眼マイクロメーターの付け方

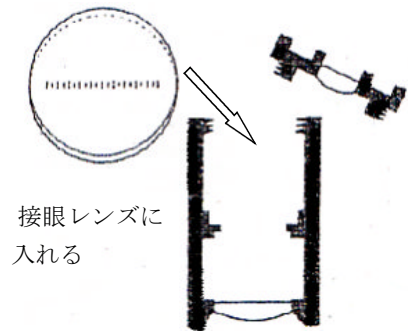
- ① 接眼レンズの上部を回して外し、筒の中に接眼マイクロメーターを入れ、接眼レンズを元に戻し鏡筒にセットする。（図1）
- ② 接眼レンズを覗いて等間隔の目盛りが見えることを確認する。



接眼マイクロメーターには目盛の数字が書かれている。表面が汚れていると、目盛が見にくいので、ガーゼやレンズペーパーなどで拭いて、正しい向きに入れる。

（図1）接眼マイクロメーターの入れ方

接眼マイクロメーター

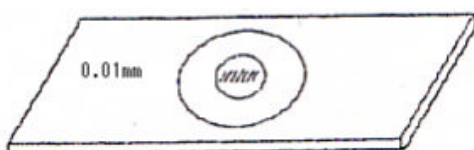


接眼レンズに入れる

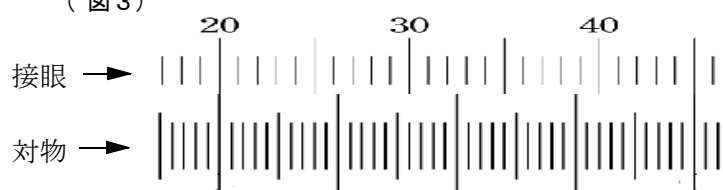
（2）対物マイクロメーターの付け方

- ① 対物マイクロメーター（図2）をステージにのせ、低倍率で対物マイクロメーターの目盛りに焦点を合わせる。
- ② 接眼レンズを回して両方の目盛りを平行にし、重なって見えるように調整する。

（図2）対物マイクロメーター



（図3）

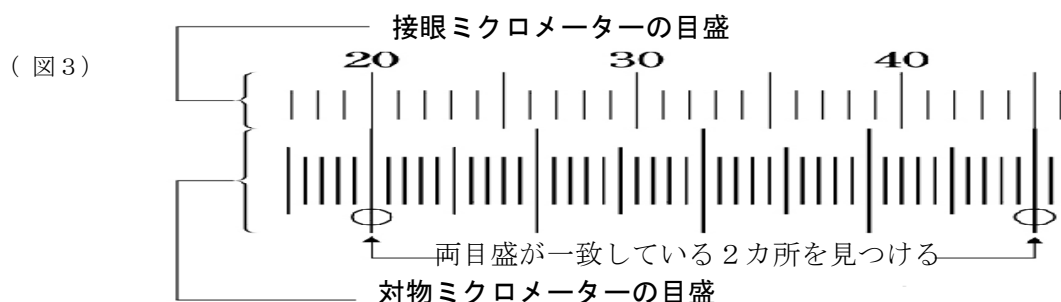




対物マイクロメーターは目盛が見つけないので、目安としてステージ上の中央に置き、絞りの穴の真ん中に、目盛の中心が来るようにセットする。この時位置をきちんとセットしておけば、目盛の確認はし易い。目盛を見つける時は、先ず目盛の周囲の円形のふちを探し、とらえることが出来たらそれを手がかりにして、対物マイクロメーターを少しづつ動かして目盛を見つけ、中央に置く。接眼レンズを回して（図3）のように対物マイクロメーターの目盛と平行にし、重なり合った2点間を探す。見つけないときは、対物レンズ4倍（一番低倍率）から始めると探しやすい。

（3）マイクロメーターの読み方

両方の目盛りがぴったり重なるところ（図3の↓のところ）を2カ所さがし、その2点の間の接眼・対物マイクロメーターのそれぞれの目盛りの数を数える。（接眼25目盛，対物40目盛と確認できる。）



- * 接眼マイクロメーターには10目盛りごとに数字が書かれている。
- * 対物マイクロメーターは目盛が太く鮮明に見える。
- * （図2）の対物マイクロメーターの1目盛の長さは10 μm である。
1mmを100等分したもの（＝絶対目盛り）10 μm = 0.01 mm

$$1\text{mm}=1000 \mu\text{m} \quad 1 \mu\text{m}=\frac{1}{1000} \text{mm}$$

（4）接眼マイクロメーター1目盛の長さの求め方

$$\text{接眼マイクロメーターの1目盛の長さ} = \frac{\text{対物マイクロメーターの目盛りの数}}{\text{接眼マイクロメーターの目盛りの数}} \times 10 (\mu\text{m})$$

- ① （3）で確認した接眼・対物それぞれの目盛りの数を上記の式に代入して接眼1目盛の長さを求める。

$$\text{接眼マイクロメーター1目盛の長さ} = \frac{40}{25} \times 10 = \underline{16 \mu\text{m}}$$

- ② それぞれ15×10，15×40倍等の接眼マイクロメーターの1目盛の長さを計算し，記録しておく。

対物レンズ40倍で測定すると、対物レンズ10倍のときのおよそ $\frac{1}{4}$ になる（反比例）

- ③ 1目盛の長さが求められたら，対物マイクロメーターを外し，ケースに納める。

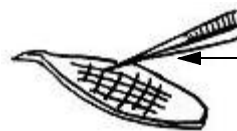


対物マイクロメーターの上に材料や染色液をのせ、プレパラートを作るようなことは絶対にしてはいけない。精密な目盛が汚れてしまう。

2 タマネギの細胞の大きさと核の大きさを求める

- (1) タマネギの鱗茎葉を縦に切り、鱗茎葉の内側の中央部にカミソリの刃で 5 ミリ角の切れ込みを入れ、ピンセットで表皮をはがし取る。表皮は肉が付かないように出来るだけ薄くはがす。

かみそり



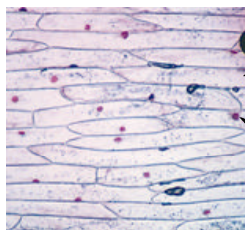
ピンセットで
薄くはがす

タマネギの鱗茎葉

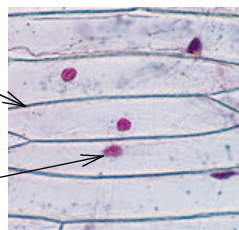


切れ込みを入れてからはがすのがやりにくいようなら、あらかじめ表皮をはがし取り、それをカミソリで 5 ミリ角に切って使うと良い。

- (2) 表皮をスライドガラスに置き、酢酸オルセインを 1～2 滴かけカバーガラスをのせる。
(3) 低倍率 (15 × 10) で検鏡し、細胞や核の様子を観察する。
(4) 高倍率 (15 × 40) で観察した細胞のうち 1 つをスケッチする。



低倍率



高倍率

細胞壁

核



高倍率にすると、見える範囲は狭くなる。低倍率でピントが合っていれば、そのままレボルバーを回転させると、高倍率の像が確認できる。ピントを微調整することにより、鮮明な画像を得られる。低倍率から高倍率にする時、そのままの状態でもレボルバーを回転させても、対物レンズがプレパラートに触れることはあり得ない。生徒は対物レンズがプレパラートに触れるのではないかと思い、鏡筒を上げてしまうことがあるので、あらかじめ注意をしておくが良い。もしも接触するようなら、顕微鏡の状態を確認する必要がある。

高倍率にしたとき対物レンズがプレパラートにぶつかる時は？



対物マイクロメーターを裏返しにステージに置く生徒がいるので注意

- (5) ミクロメーターを使って細胞の長さ・核の大きさを求める。

- ① 測定するときは、細胞の一方の端に接眼マイクロメーターの目盛を合わせ、もう一方の端までの目盛の数を数える。
- ② この倍率の接眼マイクロメーター 1 目盛の長さに、測定した目盛の数をかけることにより、この細胞の大きさが求められる。

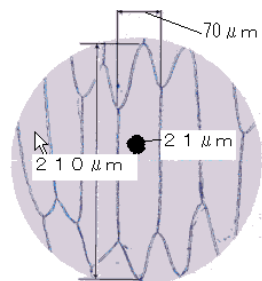


細胞の大きさをはかるときは、接眼レンズを回して向きを変え細胞の端に目盛を合わせる。

例えば：15 × 10 倍での接眼マイクロメーター 1 目盛の長さ＝7 μm ならば

細胞の縦方向 30 目盛	→	$30 \times 7 = \underline{210 \mu m}$	} となる
細胞の大きさは " 横方向 10 目盛	→	$10 \times 7 = \underline{70 \mu m}$	
核の直径 3 目盛	→	$3 \times 7 = \underline{21 \mu m}$	

タマネギの細胞の大きさを
はかる



III 実施後の留意事項

1 ミクロメーターの収納のしかた

- (1) 対物マイクロメーターは、接眼マイクロメーター 1 目盛の長さが求められたところで、ステージ上から外し、レンズペーパーなどで表裏の汚れを拭き取りケースに納める。
- (2) 接眼マイクロメーターは、接眼レンズを鏡筒から抜き取り、蓋を外して取り出す、レンズペーパーなどで表裏の汚れを拭き取りケースに納める。

2 顕微鏡の収納のしかた

- (1) 対物レンズは手を添えながら外し、ケースに納め箱にしまう。
- (2) 接眼レンズは蓋をしてケースに収め、鏡筒にはキャップをする。
- (3) 顕微鏡は箱にしまい、ロッカーに収納する。
- (4) 使用した器具は水で洗い、対物・接眼マイクロメーターと共に教卓上に返却する。
- (5) タマネギはポリ袋などを用意しておき回収し、廃棄する。

IV その他

1 おまけの Q & A

Q 対物マイクロメーターには 1 mm を 100 等分した目盛が刻んである。1 目盛りは何 μm か。

A 10 μm

Q 対物マイクロメーターに試料を直接のせて測定することはしない。それはなぜか。

A 目盛の上に試料を置いたのでは目盛が読めない。更に、対物マイクロメーターには繊細な目盛が刻まれており、それを汚したり傷付けるようなことはすべきでない。

Q 接眼マイクロメーターには、10 mm を 100 等分した目盛が刻んである。しかし、この目盛を用いて直接測定することは出来ない。それはなぜか。

A 接眼マイクロメーターの目盛の幅は倍率に関係なく一定のため。

Q 総合倍率が 150 倍のとき接眼マイクロメーター 1 目盛の長さ＝10 μm であるとする 60 倍、600 倍のときはそれぞれいくらになるか。

A 60 倍では 25 μm、600 倍では 2.5 μm

Q 総合倍率が 150 倍 (15 × 10) と 600 倍 (15 × 40) のときの 接眼マイクロメーター 1 目盛の長さを比較すると、どんな関係 (法則性) がみられるか。簡単に説明しなさい。

A 総合倍率と接眼マイクロメーターの関係は反比例の関係。

【目的】 反基質であるコハク酸、生成物質であるフマル酸や補酵素 FADH₂ は無色で、その増減は視覚的に確認できないが、活発な呼吸をする細胞を用い、コハク酸脱水素酵素の反応を指示薬（メチレンブルー）の色の変化により確認する。

【準備】 材料：酵母液

器具：アスピレーター、ツンベルグ管、駒込ピペット、ビーカー、温度計

試験管、アルコーランプ、マッチ、試験管ばさみ

薬品：5%コハク酸ナトリウム水溶液、メチレンブルー溶液

【実験】

1 表の A について、次の手順で操作を行う。

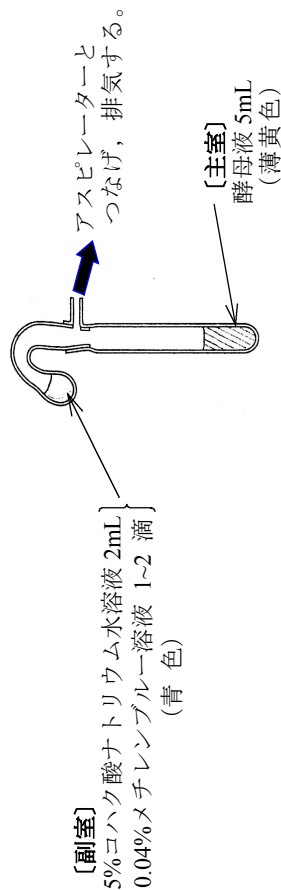
(1) ツンベルグ管の主室に酵素液、副室に（コハク酸ナトリウム溶液 5mL とメチレンブルー溶液 1~2 滴）を入れ、孔を合わせる（管内部と外部が通じている状態）に結合する。

(2) ツンベルグ管とアスピレーターを連結し、排気する。

(3) 副室を回転させて館内を密閉し、管を傾けて副室の液を主室に落として混ぜる。

(4) 35~40℃に保温し、色の変化を観察する。

(5) その後、副室を取り除いて再度混ぜ、色の変化を観察する。



【ツンベルグ管】

2 表の B について、酵母液を煮沸してから、(1)~(5)の操作を行う。

3 表の C については(1), (3)~(5)の操作を行う。

	A	B	C
①酵母液	5mL		5mL
②煮沸した酵母液		5mL	
③コハク酸ナトリウム水溶液	2mL	2mL	2mL
④メチレンブルー溶液	1~2 滴	1~2 滴	1~2 滴
⑤アスピレーターとつなぎ排気	する	する	しない

【参考】 メチレンブルー (Mb) + H₂ ⇌ ロイコメチレンブルー
[青色] [無色]

【結果】

ツンベルグ管	A	B	C
色の变化			

【考察】

1 35 ~ 40℃の湯の中につけたのはなぜか。

2 A について、反応液が無色になったのはなぜか。

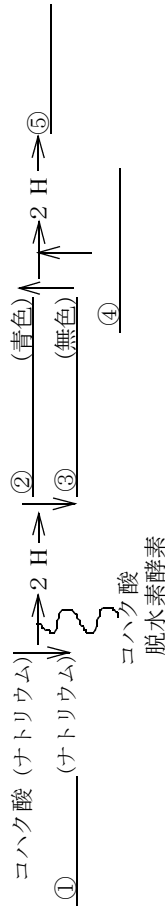
3 A について、空気を入れると無色から青色になったのはなぜか。

4 B で液の色が変化しないのはなぜか。

5 C で液の表面が脱色しないのはなぜか。A と比較して答えよ。

6 A について、この反応は、実際にはどんな反応で生じているか。

また、次の①~③にあてはまる言葉を④~⑤には分子式を入れよ。



7 デヒドロゲナーゼ（脱水素酵素）はどこに含まれていたか。また、どの物質から水を奪ったか。

脱水素酵素デヒドロゲナーゼ

I 準備における留意事項

1 使用器具

アスピレーター(=水流ポンプ)セット

: 金属アスピレーター, ゴムソケット(=ジョイント), アスピレーター用ゴム管

ツンベルグ管(この実験には欠かせないもの), 駒込ピペット

300mL ビーカー(35 ~ 40 °C保温用), 温度計, 試験管(酵素液煮沸用)

アルコールランプ, マッチ, 試験管ばさみ

2 使用する試薬等

酵母液, 5%コハク酸ナトリウム水溶液, メチレンブルー溶液, 燃料用アルコール(メタノール)

コハク酸ナトリウム ($\text{Na}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)	
性質	・白色結晶, 無臭。
保管	・強酸化剤等から離し, 直射日光や火気を避ける。 ・容器を密封し, 換気の良い場所で保管する。
危険性	・水溶液は目に刺激性がある。
廃棄	・廃棄物処理業者に委託する。

メチレンブルー ($\text{C}_{16}\text{H}_{18}\text{N}_3\text{SCl}$)	
性質	・暗黄緑色結晶, 色素の一種。
保管	・直射日光を避け, 容器を密封して冷暗所に保管する。
毒性 危険性	・飲み込む(経口)と有害。 ・吸入も有害。＊鑑賞魚の病気治療にも使用される。
廃棄	・廃棄物処理業者に委託する。

メタノール (CH_3OH) 【劇物】	手引書「アルコールとアルデヒド」を参照。
---------------------------------------	----------------------

3 試薬の調整

(1) 酵素液(酵母菌)



ドライイースト(日清スーパーカメリア)を 0.5 g を蒸留水 40mL に溶かす。

古くなっている場合は蒸留水 20mL くらいでも良い。使い切り用 18g, お徳用 50g 共に¥300 くらい。

酵素液は緑色植物以外何でも良く, 納豆液・アサリのすり潰し液などが使われる。

(2) 5%コハク酸ナトリウム水溶液

コハク酸ナトリウム 5 g を蒸留水 95 g に溶かす。

(3) 0.04%メチレンブルー溶液

0.04 g を 100mL の蒸留水に溶かしたものを滴ビンに入れておく。

メチレンブルーは濃度も大切で、あまり古く、濃くなっていると色が抜けない場合がある。予備実験で確認しておく必要がある。

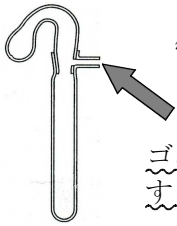
II 実施上の留意事項

1 ツンベルグ管について

- ・排気口を備えた主室と屈曲した反応基質容器の副室がセットになっている。
- ・脱水素酵素デヒドロゲナーゼの作用を調べる実験には欠かせない。ガラス器具なので、割れないよう取り扱いに注意する。



ケガに
注意！



ツンベルグ管の主室と副室の結合部分には、副室を回転させて管内を密閉し減圧するとかなり固くなるので、予め、ワセリン(シリコングリス)を塗っておく

また、ゴム管取り付け部分に手をかけ回すと折れてしまい、手にケガをすることもあるので、十分注意したい。

ワンポイントアドバイス



ツンベルグ管の主室と副室の結合部分にあまり多くワセリン等を塗りすぎると、孔(排気用の穴)がつまってしまうので、注意する。ワセリン等はマッチ棒の後ろ側で少量取り、結合部分を何回か回転しながら、薄くのばすと良い。

2 アスピレーターについて

- ・アスピレーターは、排気する(内部の空気を抜く)ために使用する。
- ・金属アスピレーター(図1)を予め接続しておく。ガラス製(図2)もある。

① ツンベルグ管と接続するアスピレーター用ゴム管(真空ポンプ用のゴム管でも良い)を取り付ける。

② 金属アスピレーターをジョイントで水道の蛇口にしっかり固定する。

排気をしっかりとしないと、この実験はうまくいかない。



図 1



図 2

ワンポイントアドバイス



水圧が弱いと吸引力が下がって排気が十分に出来ない。その場合、真空ポンプ用ゴム管を使う。交代で水道を使う。低い階の実験室で行う。などの方法で行うと良い結果が得られる。

3 排気の手順について

- ① ツンベルグ管の主室と副室結合時に管内部と外部が通じている(孔が合っている)状態にする。
- ② アスピレーターと接続し、水道の蛇口をひねり、水を出す。
- ③ しばらくすると、室温で沸騰し始めるが、さらに、手で温め、沸騰が終わるのを待つ。
- ④ ここで、まず、副室を回転させて管内を密閉する。
- ⑤ それから、水道の蛇口をひねり、水を止める。



手順に注意！

④、⑤を逆にすると、水道水が逆流し、今までの苦労が水の泡になる。

4 加熱の方法について

(1) アルコールランプの使い方

a 使用前の点検

- ・口から芯が 5mm くらい出ているか。
- ・容器の中の芯がアルコールに十分に浸っているか。
- ・本体や蓋に傷はないか。
- ・アルコールが 7 ～ 8 分目まで入っているか。
- ・濡れ雑巾も用意しておく。

b 火のつけ方

- ・本体を押さえながら蓋を取る。蓋はアルコールランプの側にたてて置く。
- ・マッチを擦り、本体を押さえ、マッチの炎を芯の斜め下から近づけて点火する。
ランプどうしで点火してはいけない。

c 火の消し方

- ・本体を押さえ、炎の斜め上からすばやく蓋をする。口で吹き消してはいけない。
- ・一度、消火した後、すぐに蓋を取り、冷えたら再び蓋をする。
蓋が割れたり、取れなくなるのを防ぐため。また、次に使う時に蓋の中に残ったアルコールへの引火を防ぐため。

～アルコールランプに入れるアルコールの種類～
燃料用アルコール(メタノール 95 %・エタノール 5 %)
あるいは、メタノール。

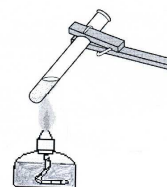


爆発に注意！

アルコール量が少ないと、使用中に爆発の恐れがある。ロートを用いて、必ずアルコールを補充しておこう。

(2) 試験管の加熱方法

- ・試験管に入れる容積の量は、試験管の長さの 1/4 以下にする。
- ・試験管の上部 1/4 あたりを試験管ばさみではさみ、試験管を少し傾ける。
- ・試験管の口は人がいない方向に向ける。
- ・加熱は試験管の底ではなく、やや上を炎の外炎にかざし、穏やかに軽く振って均一にあたためる。



試験管ばさみは、はさむ部分の長い方を下にして、はさみを親指で押さえない。落下防止のため。
突沸に注意！

III 実施後の留意事項

- ・溶液は回収し、廃棄物処理業者に委託処理をお願いします。
- ・副室のメチレンブルーの色素が洗浄しても薄く青色が落ちない場合は、少し濃いめの器具用洗剤(洗浄濃縮液 クリーンエース S 1kg ¥3,000)につけ置き洗いするか、エチルアルコールで洗うときれいになる。
- ・ツンベルク管の保管の仕方については、主室と副室が対になっているので、購入時に主室・副室にナンバリングをしておく(共通すりあわせのものであればその必要はない)。また、安定が悪く壊れやすいものなので、カゴや空き箱に寝かせて並べ棚に入れる。

IV その他

1 実験の様子

(A) について

- ・管を傾け、副室液と主室液を混ぜると初め青く染まる。
- ・アスピレーターで排気後、ビーカーに温水 (35 ～ 40 ℃) を入れ、しばらく (15 ～ 20 分) 浸けておくと、青色が消えていく。すなわち、酵素液の色(薄黄色)になる。
- ・副室を回し、孔を合わせて空気を入れると、空気と触れる液の表面から青くなってくる。揺する(空気が混ざるように、振り混ぜる)と、全体が青くなってくる。

(B) について

- ・酵素が働かないので、青色のまま。

(C) について

- ・排気を行っていないので、空気と触れる液の表面が青く、下は酵素液の色(薄黄色)になっている。揺ると、全体が青くなってくる。

2 実験の結果

ツンベルグ管	A	B	C
色の変化			
	青色が消える (薄黄色)	変化なし (青色のまま)	上だけ青色 下は薄黄色

3 考察の解答

(1) 35～40℃の湯の中につけたのはなぜか。

酵素の最適温度にし、反応を早めるため。

(2) A について、反応液が無色になったのはなぜか。

基質のコハク酸が脱水素酵素のはたらきで脱水素され、その水素で青色(酸化型)のメチレンブルーが還元されたため(Mb → MbH₂)。

(3) A について、空気を入れると無色から青色になったのはなぜか。

酸素は水素と結合する力が非常に強いので、酸素があると、無色の還元型メチレンブルーが酸化され、水素が奪われて、もとの酸化型メチレンブルーにもどったため(MbH₂ → Mb)。

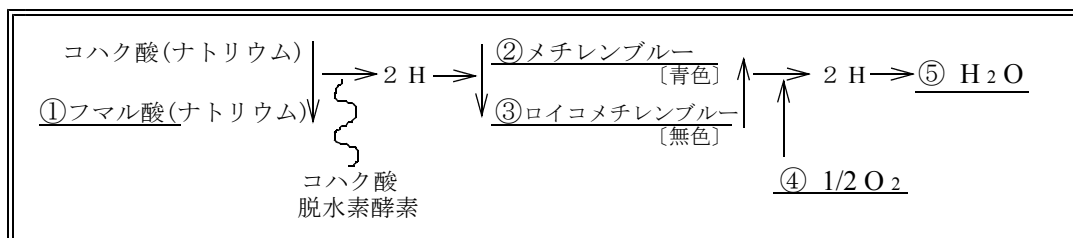
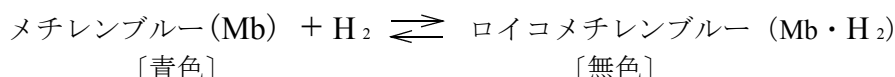
(4) B で液の色が変化しないのはなぜか。

酵素は主成分がタンパク質であるので煮沸することで、タンパク質が変性したため。

(5) C で液の表面が脱色しないのはなぜか。A と比較して答えよ。

表面は酸素に接しているので酸化型メチレンブルーになっているため。

(6) A について、この反応は、実際にはどんな反応で生じているか。



(7) デヒドロゲナーゼ(脱水素酵素)はどこに含まれていたか。また、どの物質から水素を奪ったか。
酵素液に含まれ、コハク酸ナトリウムより、水素を奪った。

デヒドロゲナーゼ(脱水素酵素)は酵素の中でも、酸化還元酵素に属し、有機物から水素を取って他の物質(水素受容体)に移す働きをする。好気呼吸のクエン酸回路において、補酵素 FAD (フラビン・アデニン・ジ・ヌクレオチド) が水素を運搬し、次の過程で利用される。

- 【目 的】

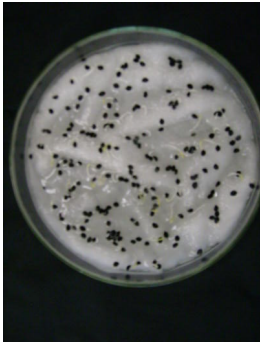
植物の根端部はさかんに体細胞分裂を行い、成長している。タマネギの根端部を用いて体細胞分裂のようすを観察してみよう。
- 【準 備】

タマネギの種子、顕微鏡、ピンセット、柄付き針、スライドガラス、カバーガラス、ろ紙、つまようじ、ポリスボイト、サフラニン・塩酸液
- 【事前準備】

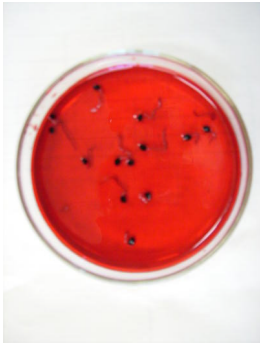
①脱脂綿を敷いたシャーレにタマネギの種子が浸る程度に水をはり種子を蒔き、10～20ミリに発根させた物を用いる。(5～6日前に準備)
②実験の前日 サフラニン塩酸液に発根した種子を浸け、固定・解離・染色を一遍に行う。

- 【方 法】

①サフラニン・塩酸液に浸けたタマネギの種子を時計皿に取り、色素を洗い落とすために水を注ぐ。
②スライドガラス上に時計皿の中のタマネギの種子を取り、柄付き針で先端から2ミリほどを残して他の部分は取り除く。
③時計皿の水を1滴滴下し、カバーガラスをかける。その上にくろ紙を乗せ、親指の腹で上から強く押しつぶす。一層にするために爪楊枝の頭の方で押しつぶした細胞を更に軽くつつく。
④プレパラートができたら低倍率で細胞を検鏡し、分裂中の細胞を探す。



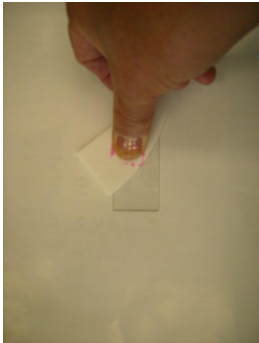
タマネギの種子の発芽



サフラニン塩酸液に浸ける



染色した発芽種子



親指の腹で押しつぶす

プレパラートが出来たら検鏡する

【細胞の観察】

低倍率（15 × 10 倍）で多くの細胞を観察し、核分裂中の細胞を発見したら、高倍率（15 × 40 倍）に変え、いろいろな核の状態を観察してスケッチする。細胞のスケッチを染色体の状態をもとに分類し、分裂の順序にしたがって並べる。(生物図説も参照) また低倍率で1つの視野の中の見られる細胞のなかで核分裂を行っている細胞の数を各時期に分けて数える。

【結 果】

	前期	中期	後期	終期	合計
細胞数					

【スケッチ】

間期	前期	中期	
後期	終期		

【感 想】

体細胞分裂の観察

I 準備における留意事項

1 使用器具

タマネギの種子、顕微鏡、ピンセット、柄付き針、スライドガラス、カバーガラス、ろ紙、つまようじ、ポリスポイト、

2 使用する試薬等

サフラニン・塩酸液

塩酸 (HCl) 【劇物】	
性質	・強酸であり、塩基と激しく反応し、腐食性を示す。 ・酸化剤と激しく反応し、有毒なガス(塩素)を生成する。 ・多くの金属を侵し、塩化物と水素ガス(可燃性の気体)を生成する。
保管	・塩基、酸化剤(特に硝酸、塩素酸塩)、可燃物、硫化物などから離して貯蔵する。 ・直射日光を避け、40℃以下に保ち、換気のよい場所に保管する。
毒性 危険性	・眼、皮膚、気道に対して刺激性を有する。 ・強酸性で、金属と反応して発生した水素と空気が混合して、爆発性気体を生ずる。
廃棄	・水に溶解して希薄水溶液とし、アルカリで中和させた後多量の水で希釈処理する。 ・廃棄物処理業者に委託する。
注意	・皮膚に付着した場合は多量の水で洗い流す。 ・目に入った場合は清潔な水で十分洗浄し、眼科医の処置を受ける。 ・保護手袋、保護衣、保護めがねを使用する。

酢酸 (CH ₃ COOH)	
性質	・刺激性の臭気のある無色透明な液体(低温で無～白色結晶)。 ・水分が少ないものは冬に凍るため氷酢酸と呼ばれる(融点: 16.7℃)
保管	・換気のよい場所に保管する。
毒性 危険性	・蒸気は眼および気道を強く刺激する。 ・濃厚溶液が皮膚に触れると重症の薬傷を起こす。 ・眼に入ると特に角膜障害、結膜炎を起こし、失明に至ることもある。 ・熱、火炎に曝すと中程度の引火の危険。
廃棄	・廃棄物処理業者に委託する。
注意	・酸化剤、塩基と激しく反応する。

※酢酸(氷酢酸)と無水酢酸

酢酸のうち、水分がほとんどなく純度がほぼ100%の酢酸は、融点が16～17℃なので冬には凍るため氷酢酸と呼ばれる。なお、無水酢酸は、酢酸2分子から水1分子が脱水(縮合)して生じる物質で、水分が少ない氷酢酸とは全く異なる物質である。

サフラニン
・サフラニン(C₂₀H₁₉N₄Cl)は赤褐色をしたアルカリ性色素で、細胞壁等、植物組織の染色液として用いられる。 ・保管は日光、湿気、火気に注意し、密閉して保管する。 ・廃棄は、廃棄物処理業者に委託する。

3 染色液の調整と使い方

(1) サフラニン・塩酸液

(a) 作り方

- ① サフラニン 0.5g をエタノール 20mL に溶かしこれを水 80mL で薄める。
- ② 濃塩酸 (12mol/L) を薄め 1.0mol/L 塩酸を作る。(純水 11 に対し濃塩酸 1 の割合)



濃塩酸を薄めるときは水の中に濃塩酸を静かに注ぎ込むようにする。

(b) 染色の方法

- ① 使用する直前に、サフラニン液と 1.0mol/L 塩酸を 1 : 1 の割合で混合して染色液とする。
- ② 試料は実験の前日、およそ 24 時間前に染色を始める。
- ③ 染色液から取り出し、余分な色素を純水で洗い落としプレパラートを作る。

(2) 酢酸カーミンによる染色

(a) 作り方

- ① 45%酢酸 50mL をビーカーに入れ、カーミン粉末 0.5 ~ 1.0g を加える。



約 45 %酢酸水溶液：水 54mL をビーカーに入れ、そこに酢酸（氷酢酸，濃度 99 %，比重 1.049）45mL を少しずつ加えてつくる。酢酸の臭いはかなり強い刺激臭である。

- ② 10 分間弱火で煮沸して飽和溶液を作り，冷却後ろ過する。この時ビーカーにとけい皿で蓋をし，還流させ酢酸の揮発を防ぐ。
溶液が市販されているが，調製することもできる。酢酸で薬傷を起こす危険があるので，扱いには注意すること。

(b) 染色の方法

- ① 45%酢酸に試料を入れ固定する。
- ② 60℃にあたためた 1mol/L の塩酸に①の試料を 5 分位浸け，解離を行う。
- ③ 塩酸を洗い落とし，スライドガラスに試料を乗せ先端部を 2 ミリ残して他の部分は取り除き，酢酸カーミン液を一滴落とし染色する。

(3) 酢酸オルセインによる染色

(a) 作り方

- ① 氷酢酸 45mL をビーカーに入れ，弱火で加熱しながら 1g のオルセインを溶かす。
- ② 冷却後 55mL の純水を加えてろ過する。



溶液が市販されているが，調製することもできる。酢酸で薬傷を起こす危険があるので扱いには注意すること。

(b) 染色の方法

- ① 固定・解離は酢酸カーミン染色と同じように処理する。
- ② 染色の方法も酢酸カーミン染色と同じ要領で染色する。

(4) フォイルゲン染色

(a) 市販のフクシン亜硫酸液（シッフ試薬）を使う。

(b) 染色の方法

- ① 45%酢酸に浸ける。
- ② 60℃の 1.0mol/L 塩酸に 6 ~ 10 分浸し解離を行う。
- ③ 塩酸を洗い落とし，サンプルびんに入れたシッフ試薬の中に試料をピンセットで移す。
- ④ 5 分くらいで根の先端が赤紫に染まる。



シッフ試薬は無色なので皮膚などに付着させてもその時には気づかない，しばらくしてから発色し赤くなるので使い方には注意が必要。

4 発芽の準備

- (1) ペーパータオルを二枚重ねにしたものをシャーレに敷き、タマネギの種子が浸る程度に水をはり種子を蒔く。
- (2) タマネギの種子は大体5～6日前に種を蒔き、20～25℃くらいの温度の、暗い所に置いて発芽させる。
- (3) 10ミリくらいに発根したものを使う。
- (4) 実験の前日に、サフラニン・塩酸液に発根した種子を種子の付いたまま浸け、固定・解離・染色をいっぺんに行う。

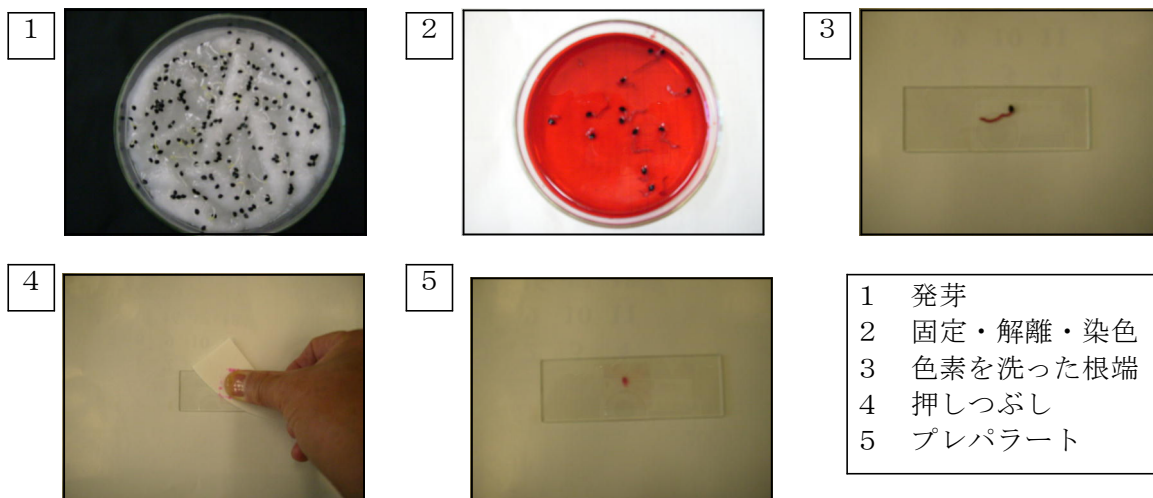
5 ワンポイントアドバイス

- (1) 酢酸オルセインは長期間放置するとオルセインが沈殿し、プレパラートの作成に邪魔になることがあるので、実験の前に新たに調整する。
- (2) ネギの種子は数日で発芽して、一度に同じ成長段階の根端が多数得られる。そのまま固定液に入れて冷蔵庫に保存しておけば、実験は解離から始められる。この場合、種子があると根端部の見極めが容易になる。
- (3) 種子を蒔くシャーレの保水材は脱脂綿よりもティッシュなどの紙の方がよい。脱脂綿は根がもつれて扱いにくい。
- (4) 種子は一度にまくのではなく2～3日ずらして蒔くと毎日適量に採取できる。
- (5) 根の採取は午前10時までに行う。朝早いほど分裂している細胞が多い。
- (6) 市販のタマネギの中には発根抑制処理がしてあって発根しないものもある。
- (7) タマネギ、ニンニク、ヒヤシンス、ワケギ等では比較的簡単に根端を得ることができる。発根させるには水栽培の要領で行う。入手時期、発根時期に充分注意し材料を選ぶと良い。
- (8) タマネギの種子は8月頃から店頭に出るので購入しておき、冷蔵庫内で保管しておく和良好的。春先の使用でも前年の種子で十分発芽が可能である。

II 実施上の留意事項

1 方法

- (1) サフラニン・塩酸液に浸けた発根したタマネギの種子を、水を入れた時計皿に取り色素を洗い落とす。
- (2) スライドガラス上に時計皿の中の種子を取り、柄付き針で先端から2ミリほどを切り残し、あとの部分は取り除く。
- (3) 時計皿の水をスポイトで一滴かけ、カバーガラスをかける。その上にろ紙をのせ、親指の腹で上から強く押しつぶす。押しつぶしは真上から行い、ずらしたりねじったりすると細胞の構造が壊れてしまうので注意する。一層にするために、つまようじの頭の方で押しつぶした細胞を更に軽く突いて平らにする。



2 固定と解離

(1) 【固定】

- 細胞内の構造が変化しないようにするために行うもので、酢酸やカルノア液、ファーマー液などを用いる。



酢酸 45%，カルノア液（エタノール：氷酢酸：クロロホルム＝6：3：1），ファーマー液（氷酢酸：エタノール＝1：3）いずれかの液に数分～数時間浸ける。ファーマー液は一日たったら新しいものに取り替え，使い回しはしない。

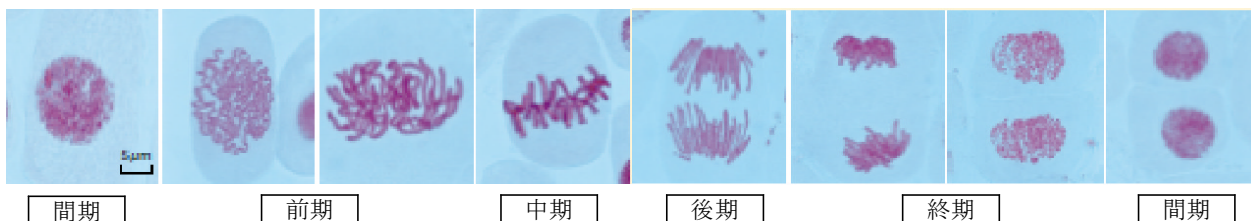
＊固定処理後長期間保存する場合は，70%のエタノール（純水：エタノール3：7）に浸けておく。生のタマネギなどの根端の太いものでは，根端を5ミリくらい切った状態で固定処理し，純水ですすぎ70%エタノールに浸けておくことにより1年たったものでも使用が可能である。

(2) 【解離】

- 60℃にあたためた1 mol/Lの塩酸に浸けることにより細胞同士の結合を弱め，押しつぶしたときに細胞を離れやすくする。

3 顕微鏡で観察する

- まず低倍率（15×10倍）で根端細胞のプレパラートを観察し核分裂している細胞を見つける。
- 分裂している核が見えたら，そのままレボルバーを回転させ高倍率（15×40倍）に切り変えて，更にいろいろな分裂期の細胞のようすを確認する。高倍率での観察ではとらえている視野が狭くなっているの，プレパラートは微妙に動かす。
- 図説等を参照しながら分裂期を順序に従って確認し，スケッチする
間期：核に核小体が白っぽく見える。
前期：染色体が凝縮して太い紐状になる。
中期：染色体が赤道面に並ぶ。
後期：染色体が両極へ移動。
終期：染色体が分散して娘核が出来る。



【細胞周期】

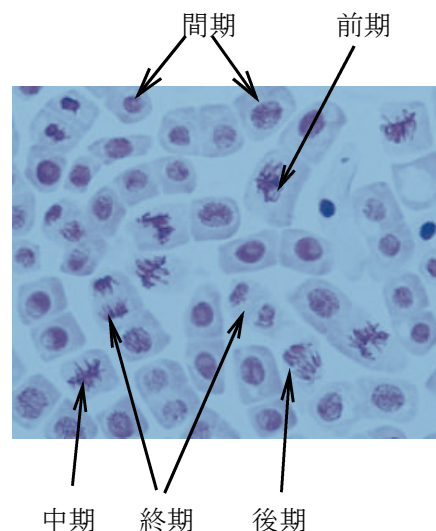
(単位：時間)

間期	G1 期	分裂終了後次の DNA 複製の準備時期	10.0
	S 期	DNA を複製する時期	7.0
	G2 期	DNA の複製が終わった後，分裂の準備をする時期	3.0
分裂期(M 期)		複製した細胞を正確に分配する時期	2.0

分裂期（M 期）は非常に短い。各期の細胞数は細胞周期の長さに比例するため，分裂組織でも間期の細胞が最も多く，分裂期の細胞は少ない。

分裂期の各時期の長さはおおよそ以下のようである。

前期 → 70 分 中期 → 18 分 後期 → 14 分 終期 → 18 分



Ⅲ 実施後の留意事項

1 顕微鏡の片付け

- (1) 先ず対物レンズ（10, 40倍）を外す。対物レンズを外すときは必ず手を添えてレンズを落とさないように気をつける。
- (2) 接眼レンズを外し、鏡筒に蓋をして本体とレンズ（接眼レンズ・対物レンズ共に）を箱に収めて、顕微鏡収納ロッカーにしまう。

2 器具の片付け

- (1) 時計皿に残った種子はティッシュに包みゴミ箱へ捨てる。
- (2) 使用した器具はきれいに水洗いし、トレイに収め教卓上に返却する。

3 染色液の始末

- (1) 使い終わったサフラニン・塩酸液は廃液処理容器（酸）に捨てる。

Ⅳ 補足・その他

1 指導の際の留意点

- (1) 中期と後期の区別に比べ、前期と終期の区別に迷うことが多い。
- (2) 分裂期の前後では分裂前の核の方が大きい。このことは、核に存在する物質の量が分裂の前後で変化するためである。

2 おまけのQ & A

Q 各期における細胞数にばらつきがあるのはなぜか？また比率は何を表しているか？

A ばらつきがあるのは各期における時間がそれぞれ違うからである。比率は各期の時間の比率を表すので、比率が小さいのは時間が短く見える確率が低い。逆に大きいのは時間が長く、見える確率が高い。一見して間期が多いが、これは染色体の複製など、分裂のための準備期として、所要時間が長く必要なためである。

Q 染色体の構成や本数を観察しやすいのは分裂期のうちのどの時期か？

A 中期が染色体が赤道面に並ぶため、最も観察しやすい。

Q 根の何処の部分が体細胞分裂が活発であるか？

A 根の先より少し上の若干色が違う分裂組織が活発である。

Q 発芽した玉ねぎの根を 60℃ くらいの希塩酸に 10～20 秒浸すのはなぜか？

A 生物が生きるためには酵素（タンパク質）が必要であり、これは温度が高くなると変成して機能を失う（失活）という性質を持っている。60℃にするのは、タマネギの細胞を失活させるためであり、また塩酸により細胞壁を壊し、タマネギの細胞同士を離れやすくするためである。

Q カバーガラスの上にも紙をおき、親指の腹で押すのはなぜか？

A 試料（ここではタマネギ）を薄く広げて顕微鏡で観察しやすくするため。

Q 試料で発芽した根の先端部分（根端）を使うのはなぜか？

A 根には根冠や根端分裂組織という細胞分裂が盛んに行われている場所があり、そこは細胞分裂を観察するのに都合がいいから。

Q 染色液で染まったのは細胞のどの部分か？

A 分裂期では染色体、間期では染色体の DNA が存在する部分。

ブロッコリーのDNA抽出

年 組 番 氏名

【目 的】 遺伝子DNAの性質を理解し、植物細胞（ブロッコリーの花芽）のDNAを抽出し、観察する。

【準 備】 ブロッコリーの花芽 2 房（冷凍）、エタノール 30mL（冷凍庫で冷やしておく）、
台所用中性洗剤 1mL、食塩 4.5g、蒸留水 30mL、カッター、乳鉢、乳棒、
ビーカー（50mL 1 個、100mL 2 個）、ガーゼ、ガラス棒、葉さじ、氷、水槽

【実 験】

(1) 50mL のビーカーに食塩を 4.5g、中性洗剤を 1mL とり、蒸留水を加えて溶かしなが 30mL にする。

(2) 冷凍しておいた、ブロッコリーの 2 房くらいの
花芽の部分を、カッターで 削り、乳鉢で、すりつぶす。



(3) 2 の乳鉢中の、すりつぶしたブロッコリーに、1 を加えて、ゆっくりとかき混ぜて、1 0 分以上静置する。



(4) (3) をガーゼで 100mL のビーカーにろ過する。
ろ液は 2 0 m L くらい得るようにする。

(5) (4) のビーカーを、氷水を入れた水槽に浸して冷す。
その上に同じ水槽に浸して冷やしておいたエタノール 30mL をビーカーの内側にガラス棒をあてて、伝わらせながら、層になるように静かに注ぎしばらく放置する。



(6) しばらくすると、上層のエタノール層に
白いふわふわしたDNAが析出する。



【参 考】 ブロッコリーの他にも、他の植物細胞を材料として、（ ），動物細胞を材料として（ ），細菌では（ ），（ ）などがDNA抽出実験に利用される。

【結 果】 (1) 得られたDNAはどのようなものであったか。

【考 察】 (1) 抽出されたものが、DNAで有ることを確かめるには、どのような方法があるか。

(2) なぜ材料として、ブロッコリーの花芽を用いたか。

(3) DNAの抽出液に、中性洗剤を加えるのはなぜか。

(4) DNAの抽出液に、食塩を加えるのはなぜか。

(5) DNAの抽出液に、冷エタノールを加えるのはなぜか。

【感 想】

ブロッコリーのDNA抽出

I 準備における留意事項

1 使用器具

冷凍ブロッコリーの花芽, エタノール 30mL, 台所用中性洗剤 1mL, 食塩 4.5g, カッター, 乳鉢, 乳棒, ビーカー (50mL-1 個, 100mL-2 個), ガーゼ, ガラス棒, 薬さじ, 蒸留水

2 使用する試薬等

エタノール (C_2H_5OH) 【危：第二類・可燃性固体】	
性質	・無色透明, 揮発性の可燃性液体。 ・水には任意の割合で混合し, その際発熱して容積を減じる。 ・引火点: $12.8\sim13^{\circ}C$ (50%水溶液は$24^{\circ}C$), 発火点: $423^{\circ}C$
保管	・強酸化剤から離し, 直射日光や火気を避ける。 ・密封し, 喚起の良い場所へ保管。
毒性 危険性	・空気と爆発性混合物を生成 (きわめて燃えやすく, 熱, 火花, 火炎で容易に発火)。 ・加熱により容器が爆発する恐れがある。 ・酸化剤と激しく反応し, 火災や爆発の危険。 ・火災によって刺激性, 毒性, 又は腐食性のガスを発生する恐れがある。
廃棄	・廃棄物処理業者に委託する。



- ★ 台所用中性洗剤のメーカーは何でも良い。
- ★ ブロッコリーは市販の安価な時期に購入し, 冷凍保存しておけば翌年も利用できる。
- ★ ブロッコリーは, 動植物材料の中でも取り扱いが比較的簡易であるし, 花芽にはDNAが多いため, 今回の実験材料として選択している。

3 試薬の扱い



- ・エタノールは使用直前に配布する。なるべく密閉しておき, 生徒が気体を吸入しないように注意する。

II 実施上の留意事項

1 実験の流れ

DNA溶解液をつくる。

- (1) 50mL のビーカーを自動上皿天秤に載せ, 食塩を薬さじで 4.5g計り入れ, 駒込 ピペットで 1mL の中性洗剤を同じビーカーに入れる。これに蒸留水をビーカーの 30mL の目盛りまで加えてガラス棒で攪拌し溶かす。(薬包紙やメスシリンダーは使用しない簡易な方法である。)

ブロッコリーからDNA含有液汁を取り出す。

- (2) 冷凍しておいたブロッコリーの花芽を 2 房ほど乳鉢へ, カッターで削り取り, よくすりつぶす。





- ★ ブロッコリーのすりつぶしに、ミキサーを利用する方法もあるが、乳鉢利用の方が後始末も楽である。また、生徒にDNAを抽出する実感を持たせるためにも、各班で、作業させる方法を選ぶ。
- ★ ブロッコリーは冷凍庫で凍らせたままのものを利用する。室温で解凍したものを利用するとDNAの抽出率が低かった。(冷やすことにより DNA 分解酵素の働きを抑制できる。)

(3) (2) の乳鉢中の、すりつぶしたブロッコリーに、(1) を加えて、ゆっくりとかき混ぜて、10分以上静置する。

この、10 分間を、考察の説明の時間に充てると良い。



(4) (3) をガーゼで 100mL のビーカーにろ過する。ろ液は 20 mL くらい得るようにする。

ガーゼは2重にした方が精度の良い抽出液が得られる。

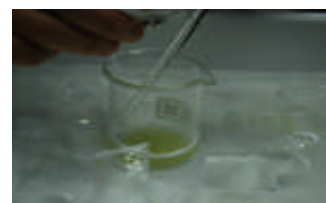


(5) ブロッコリーの花芽からDNAを抽出する。

(4) のビーカーを、氷水の入った水槽に浸けて冷やす。

同じ氷水の入った水槽に、50mL ビーカーにエタノールを 30mL 入て浸けて冷やしておく。氷は5班分くらいなら、冷凍庫で製氷皿に数回作り、ビニール袋へ貯めておけば、市販品を購入する手間が省ける。(水槽に氷と水は、ビーカーが転倒しない程度に入れる。)

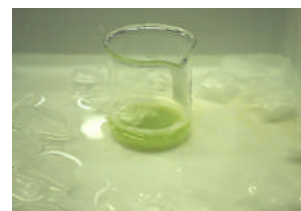
(4) のビーカーの上に同じ水槽に冷やしておいたエタノール 30mL を ビーカーの内側にガラス棒をあてて伝わらせながら、2 層になるように静かに注ぎしばらく放置する。



(上層がエタノール、下層がブロッコリー抽出液。)

(6) しばらくすると、上層のエタノール層に白いふわふわしたDNAが析出する。

(ブロッコリーの使用量を増やすとたくさん析出する。) 析出したDNAをガラス棒に巻き取ってみる。



【参考】 冷凍トリレバーからDNAを抽出する方法

- ①冷凍トリレバー 50g に台所中性洗剤を一押し、水を加えて 200mL にする。
- ②ミキサーで5分ほど粉碎し、（おろし金利用でも可）各班へ 30mL ずつ配る。
- ③②へ 2mol/L-食塩水を 30mL 加えて軽く混ぜる。・・・粘性が出てくる。
- ④を 100℃ 5 分間湯煎にかける。・・・レバーが赤から白色になるまで加熱する。
- ⑤冷めたらガーゼでろ過して、冷やしたエタノールを静かに加え、静かにかき混ぜると粗 DNA が浮かぶので、ガラス棒で巻き取り、他のビーカーになるべくたくさん移し、食塩水を 20mL 加え、良く溶かす。
- ⑥また、湯煎にかける。（3分くらい穏やかにかき混ぜる。）
- ⑦⑥をろ過し、冷エタノールを静かに加えると、ろ液とエタノールの間に白いふわふわした DNA が浮かんでくる。



②



③



④



⑤



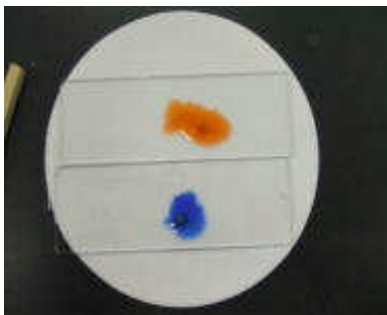
⑥



⑦

【参考】 ブロッコリーの抽出実験で集めた白いものがDNAであるか、確認してみる。

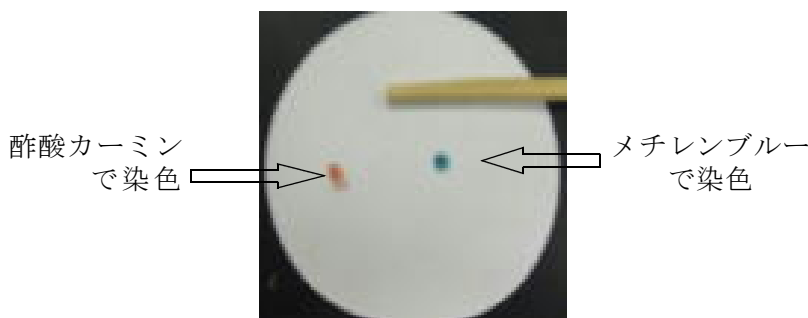
- ①割りばしに絡め取った白いふわふわしたものを 2 枚のスライドガラス上に置く。
酢酸カーミン液とメチレンブルー（核を染める薬品）をそれぞれに滴下し 10 分位染色する。



②①を蒸留水で洗い、ろ紙へ吸い取らせる。酢酸カーミン液で赤く、メチレンブルー液で青く染まれば核内物質であることが解る。



染色されたトリレバーのDNA



染色されたブロッコリーのDNA

Ⅲ 実施後の留意事項

- ・ガーゼに残ったブロッコリーの絞りくずや、削り残したものは、新聞紙上などに回収し、乾いたら燃えるゴミとして捨てる。
- ・使用した器具は、洗剤で洗わせる。

Ⅳ その他

1 実験書の解答

[参考]

ブロッコリーの他にも次のような材料がDNA抽出実験に利用される。

植物材料として (タマネギ) (バナナ)

細菌では (納豆菌)

動物細胞を材料として (トリレバー) (魚の白子)

[結果]

得られたDNAはどのようなものであったか。

白い糸状のふわふわしたもので、粘りけがあった。

[考察]

(1) 抽出されたものがDNAであることを確かめるには、どのような方法があるか。

酢酸カーミン染色液、メチレンブルー、メチルグリーン、ピロニン染色液などで染めて電子顕微鏡で観察する。(文献上では、今回の実験方法で、かなり信頼できるDNAが得られている。)

(2) なぜ材料としてブロッコリーの花芽を用いたか。

DNAは花芽(たくさん細胞分裂をしているためDNAが多い)に多く含まれているため。(植物細胞の方が動物細胞に比べてタンパク質含有量が小さいため、タンパク質除去(抽出液の湯煎)の必要が無く、操作が短縮できる。)

(3) DNAの抽出液に中性洗剤を加えるのはなぜか。

界面活性剤(洗剤)にはリン脂質を主成分とする細胞膜や、タンパク質などを破壊する働きがある。

(4) DNAの抽出液に食塩を加えるのはなぜか。

界面活性剤で破壊されて残ったDNAは食塩水中に溶けるため。

(5) DNAの抽出液に冷エタノールを加えるのはなぜか。

DNAは高塩高濃度下では、冷アルコールに溶けにくい性質があり、DNAを結晶化させ沈殿させる。また、DNAの比重が小さいため、エタノール層に浮いてくる。(タンパク質は比重が大きいため、浮いてこない。)

血液の観察

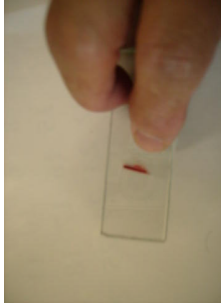
年 組 番 氏名

【目 的】 ヒトの赤血球や白血球を観察する。

【準 備】 スライドガラス、カバーガラス、採血針、スポイト、輪ゴム、カットパン、顕微鏡、光源装置、針回収容器、カバーガラス回収容器、メチルアルコール、ギムザ染色液、消毒用アルコール綿

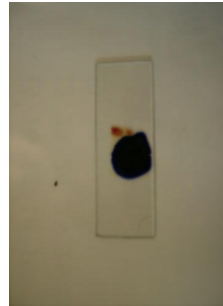
【方 法】 1 採血の仕方

- ① アルコール綿で、針を刺す箇所を消毒する。
- ② 指の第一関節と第二関節の間に輪ゴムをきつすぎない程度に巻く。
- ③ 関節を曲げて第一関節の上の皮膚を採血針で突く。
- ④ 血液がにじんできたらカバーガラスですくい取り、用意してあるスライドガラス上に薄くのばして塗りつける。



2 染色の仕方

- ① スライドガラス上の血液が乾いたら、メチルアルコールを一滴垂らし乾かす。
- ② その上にギムザ液を一滴かけ5分くらい染色する。
- ③ 染色できたら、染色した面の反対側から水道水をかけ余分な色素を洗い落とす。
- ④ ろ紙で余分な水分を吸い取り、そのまま検鏡する。



【観察と結果】

- ① 検鏡するプレパラートにはカバーガラスはかけない。
- ② 低倍率 (10 × 15) で検鏡する。
- ③ 高倍率 (40 × 15) で検鏡する。
- ④ 赤血球・白血球を確認し、白血球は核の確認をする。
- ⑤ 赤血球・白血球をスケッチする。

スケッチ 倍率 倍

スケッチ	倍率	倍

【留意点】

- ・自分の針は自分だけの使用とする。(血液を介しての病気を防ぐため)
- ・自分の針は自分で良く洗ってから、回収容器に捨てる。(")
- ・カバーガラスも自分のもは自分だけで使い、洗って回収容器に捨てる。
- ・消毒用綿・輪ゴムは用意した袋に捨てる。(血液の付いたものをゴミ箱に捨てさせない)
- ・使用したスライドガラスは自分で血液や色素を洗い落とす。

血液の観察

I 準備における留意事項

1 使用器具

スライドガラス、カバーガラス、採血針、輪ゴム、カットバン、顕微鏡、光源装置
針回収容器、カバーガラス回収容器、消毒用アルコール綿

2 使用する試薬等

メタノール (CH ₃ OH) 【劇物】	
性質	・無色透明，揮発性，流動性が高い可燃性の液体。 ・引火点：11.1 ～ 54 ℃，発火点：446 ～ 470 ℃
保管	・強酸化剤等から離し，直射日光や火気を避ける。 ・容器を密閉し，換気の良い場所で保管する。
毒性 危険性	・空気と爆発性混合物を生成（極めて燃え易く，熱，火花，火炎で容易に発火）。 ・酸化剤と激しく反応し，火災や爆発の危険。 ・加熱により容器が爆発するおそれがある。 ・火災によって刺激性，毒性，又は腐食性のガスを発生するおそれがある。 ・飲み込む（経口）と有害。
廃棄	・廃棄物処理業者に委託する。

ギムザ染色液

塩基性色素（メチレン青，アズール青等）と酸性色素（エオジン）との混合物である。
アズールⅡは，好塩基性物質（核の DNA，細胞質の RNA，アズール顆粒など）を青紫色に染め，エオジンは，好酸性物質（ヘモグロビン，好酸性顆粒など）を赤橙色に染める。

消毒用アルコール綿（アルコールは市販の消毒用アルコールでも良い）

70 %エタノールを作り，カットした脱脂綿を浸し蓋付きの容器に入れておく。

※ 70 %エタノールの調整方法

70%エタノールは 99%エタノール 100mL に対して，水 33.5mL の割合で調整する。

注・・・エタノールの比重は 0.79 なので， $100\text{mL} \times 0.99 \times 0.79 \times (0.3 / 0.7) = 33.5\text{mL}$

II 実施上の留意事項

1 実験の流れ

(1) 固定

血液をスライドガラスに塗布，乾燥後，数滴のメタノールで 2 ～ 3 分間固定する。

(2) 染色液調製

水 1mL に対し 1 ～ 1.5 滴ギムザ染色液を添加する。



ギムザ染色液は使用直前に希釈する（時間の経過に伴い，染色性が悪くなる）。
この場合染色時間は 15 分～ 30 分を要する。
一般的な血球の観察の場合には，原液のままで染色することが多い。

(3) 染色（原液のまま）

ギムザ液で直ちに染色を行う（染色時間は 5 ～ 6 分）。

(4) 水洗

染色が終了したら，15 ～ 30 秒軽く水洗する。

(5) 乾燥

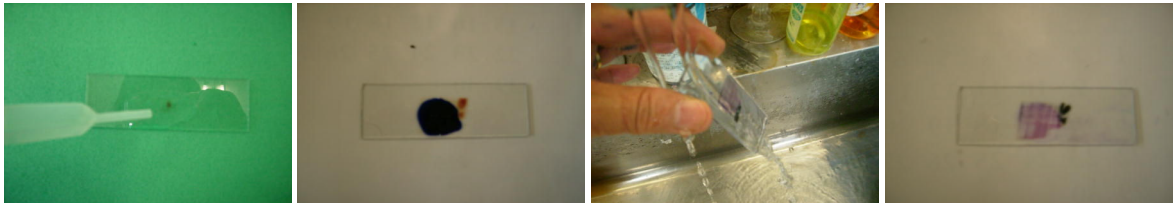
2 採血のしかた

- (1) 採血しようとする箇所をアルコール綿で拭き消毒しておく。
- (2) 指の第一関節と第二関節の間に輪ゴムをきつすぎない程度に巻く。
- (3) 関節を曲げて第一関節の上の皮膚を採血針で突く。指の腹側より背側の方が痛みを感じにくい。プツという感触があるくらいの強さで突くと採血し易い。
- (4) 血液がにじんできたなら新しいカバーガラスですくい取り、用意してあるスライドガラス上に薄くのばして塗りつける。



3 プレパラートづくりかた

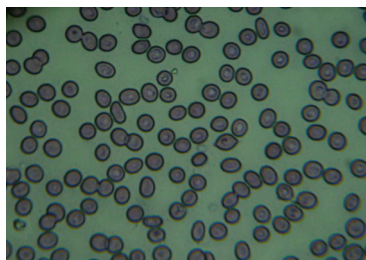
- (1) スライドガラス上の血液が乾いたら、スポイトでメタノールを一滴垂らし乾いてから、その上にギムザ液を一滴かけ、5～6分染色する。
- (2) 染色できたら染色した面の反対側から水道水をかけ、余分な色素は洗い落とす。
- (3) プレパラートの余分な水分をろ紙で吸い取り、そのまま観察する。



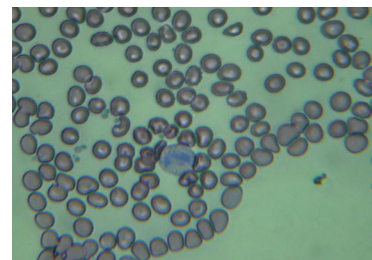
4 顕微鏡での観察

- (1) プレパラートにはカバーガラスはかけない。
- (2) まず低倍率（15 × 10 倍）で観察する。
- (3) 丸くて赤く染まりたくさん見えるものは赤血球、紫色に染まっている極少数のものは白血球であることを確認する。
- (4) そのままレボルバーを回転させ、高倍率（15 × 40 倍）にし、白血球の紫色に染まった部分を視野の中心に置き核を観察する。
- (5) 赤血球と白血球をスケッチする。

赤血球



白血球



* 血球の形状と働き

	形状	核	直径(μm)	数	おもな働き
赤血球	円盤状	無	6~9	男500万 女450万	酸素を運搬する
白血球	不定形	有	9~15	約5000 ~8000	体内に侵入した細菌などの異物を食作用によって排除する

III 実施後の留意事項



- 1 自分の針は自分だけの使用とし、洗って血液を落とし回収容器に捨てる。
(血液を介しての病気を防ぐため)
- 2 カバーガラスは自分だけで使い、洗って血液を落とし回収容器に捨てる。
(血液を介しての病気を防ぐため)
- 3 消毒用綿・輪ゴムは用意した袋に回収する。
(血液の付いたものをゴミ箱に捨てさせない)
- 4 使用したスライドガラスは自分で血液や色素を完全に洗い落とし各班のトレイに戻す。

ニワトリの脳の観察

年 組 番 氏 名

【目的】 ニワトリの脳を観察・スケッチし、 脳の各部の発達の様子と視神経の連絡の様子（視交さ）を確認する。

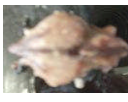
【観察視点】 大脳、小脳、中脳、視神経（視交さ）、など

【準備】 材料：鶏頭水煮、
器具：ピンセット、柄つき針、カミソリ、シャーレ（ペトリ皿）

- 【手順】
- (1)



(1) ニワトリ頭部をシャーレの上に頭頂部が上になるように置く。外部形態を観察する。
ピンセットでトサカを取り除き、頭の皮を静かにはがす。
- (2)



(2) ピンセットで頭蓋骨を丁寧に取り外し、脳が見えるようにする。
- (3)



(3) 脳を傷つけないように静かに取り出す。取り出すときに、眼球から大脳の下方（間脳）へ視神経が伸びていることを確認する。
- (4)



(4) 脳の下面を観察する。視交さを確認する。視神経が交差して左右の眼球に向かって伸びていることを確認する。
- (5)



(5) カミソリで脳を縦長に切断して、断面を観察する。
- (6)

(6) ぐちばしを開けて口の中を観察する。

【観察ポイント】 確認したものにチェック (イ) を入れ、それぞれの名称の役割を記入しなさい。

- ☐ 大脳

.....
- ☐ 嗅葉

.....
- ☐ 視葉（中脳）

.....
- ☐ はたらき

.....
- ☐ 小脳

.....
- ☐ はたらき

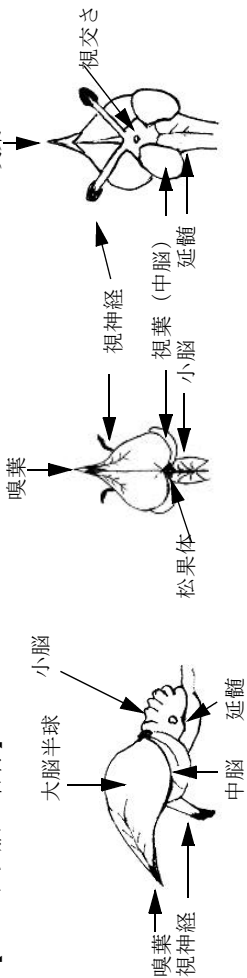
.....
- ☐ 延髄

.....
- ☐ 視交さ

.....
- ☐ ぐちばし

.....

【ニワトリ脳の名称】



側面

上面

下面

【スケッチ欄】

上面	下面

断面

【感想】

ニワトリの脳の観察

I 準備における留意事項

1 材料

鶏頭水煮：生徒1人1ケ

《鶏頭水煮について》

- ・品名：ワンモア鶏頭水煮
- ・特徴：新鮮で良質な国産若鶏の鶏頭をボイル加工してある。
1 缶につき約 11 ～ 14 ケ入っている。
なかには煮崩れて解剖には使えないものもある。

- ・内容量：800g
- ・標準価格：420 円（本体価格 400 円）
- ・缶詰で市販されていて入手は容易，三枝理研(株)では 1 缶 305 円で購入できる。
- ・ワンモア鶏頭水煮に関する問い合わせ先：日本配合飼料 045-450-5725

221-0022 神奈川県横浜市神奈川区守屋町 3-9-13



2 使用器具

ピンセット， 柄つき針， カミソリ， シャーレ（ペトリー皿）



- 1 カミソリ，柄付き針の取り扱い，特にカミソリの刃には触れないよう十分注意を促す。使用済みのカミソリはただちにそのまま回収する。
- 2 臭いが制服に付くのが嫌な生徒は事前にジャージへ着替えておくよう指示しておく。またはエプロン等を持参させ着用させる。
- 3 臭いも堅さもツナの缶詰に似ているが，気にする生徒がいたら使い捨て手袋を使わせると抵抗なく実施できる。その際，天然ゴム等アレルギー反応のある生徒もいるので注意が必要。マスクも必要な生徒には各自持参させる。
- 4 観察中は部屋の換気をする。

3 使用する試薬等

なし

4 鶏頭の事前準備について

鶏頭を準備するにあたり，乾燥を避けるためにできれば実験の直前が良い。夏場はそのまま使用しても良いが，冬場はゼラチン質が固まっているので，缶を開けて熱湯で湯煎する。骨まで軟らかいので慎重にシャーレへ取り出し用意しておく。割り箸を使うと容易である。頭部の形が崩れているものもあるので，形の整っているものを選ぶ。



【湯煎の様子】



【ふたを開けた状態】

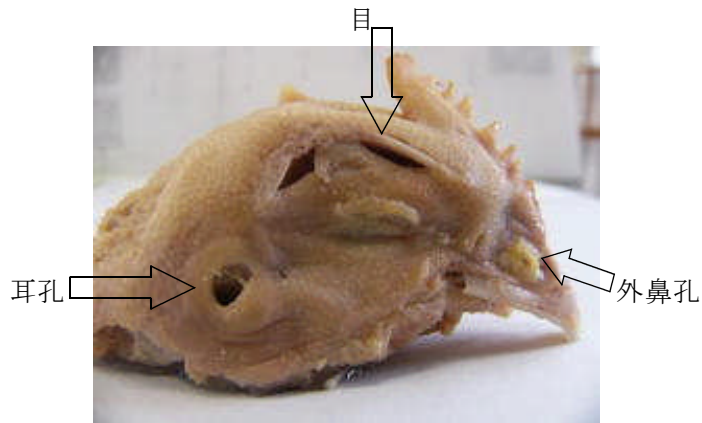


【1 つずつ取り出す様子】

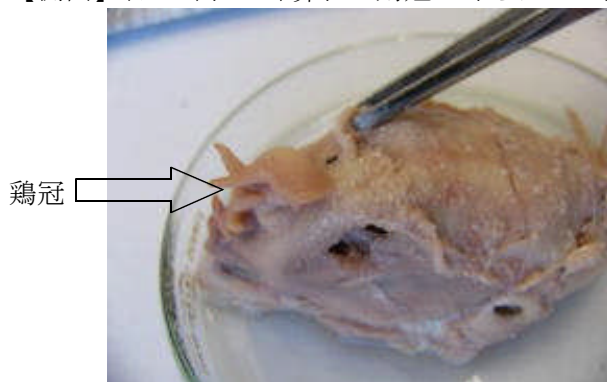
Ⅱ 実施上の留意事項

1 実験の概要

(1) ニワトリ頭部を頭頂部が上になるように置く。外部形態の観察をする。

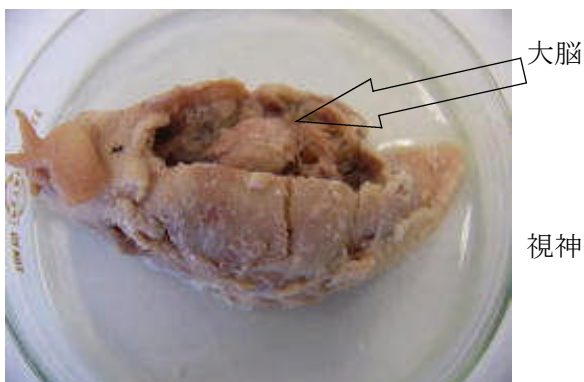


【側面】目・耳孔・外鼻孔・鶏冠・くちばしが観察できる。 【上面】鳥肌が観察できる。



ピンセットで鶏冠を取り除き、静かに頭の皮をはがす。いくつかのパーツに分かれている頭蓋骨が見える。

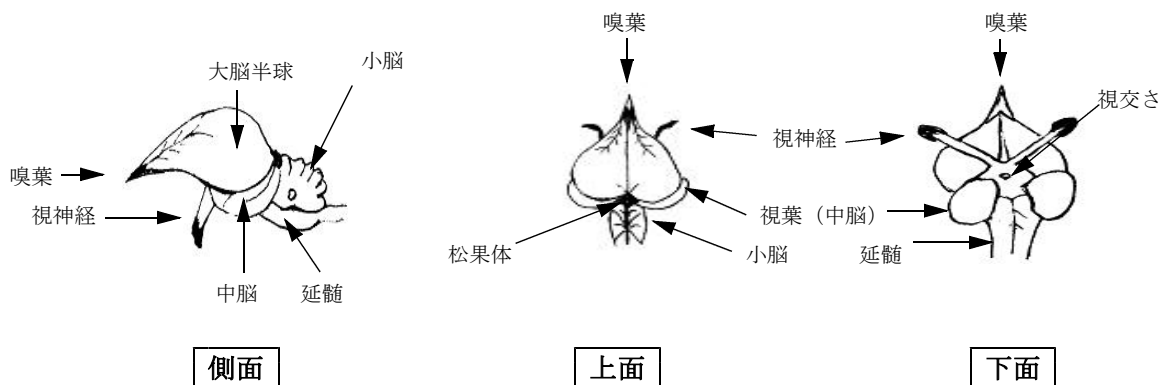
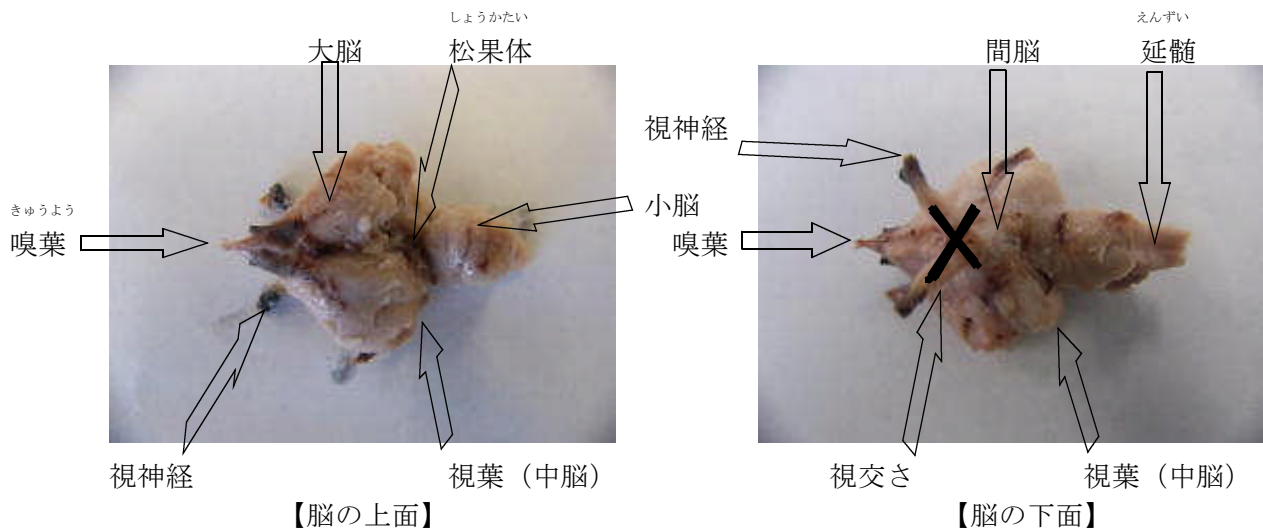
(2) 中央で裂き、頭蓋骨をピンセットで丁寧に取り外し、脳が見えるようにする。



(3) 眼球から大脳の下方（間脳）へ向かって視神経が伸びていることを確認する。視神経はもろく抜けやすいので慎重に取り出す。また脳も傷つけないように注意して静かに取り出す。



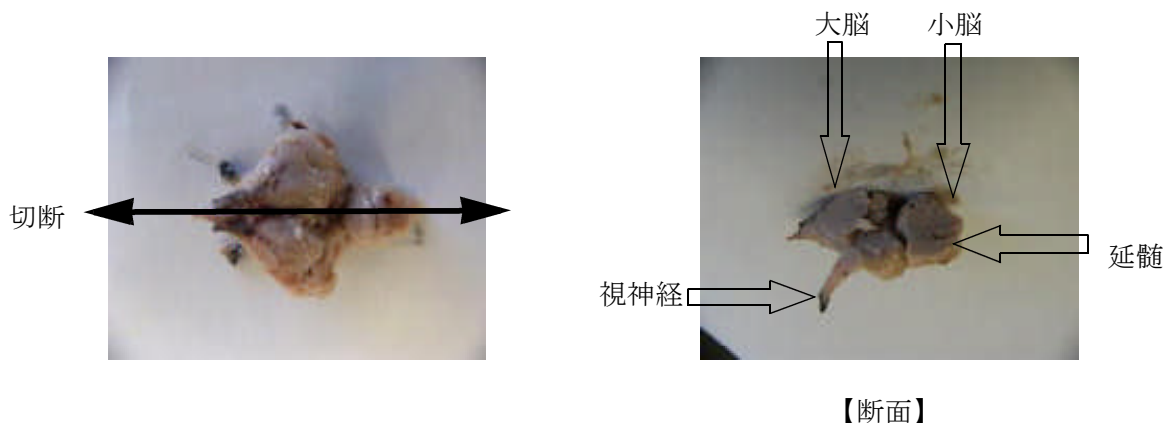
(4) 脳の上面、下面を観察しスケッチする。各名称を確認し、脳の一般的な構造を理解する。また視交さも確認し、視神経が交差して左右の眼球に向かって伸びていることを観察する。



- ・脳は白っぽくて柔らかい。頭蓋骨に保護されている。
- ・脳は膜に覆われていて、その膜には太い血管が通っている。
- ・視神経が太い。
- ・大脳はハート型をしていて大きい。次いで小脳，中脳が発達している。

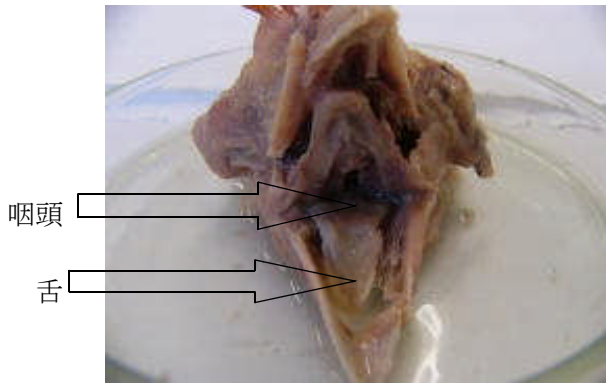


(5) カミソリで脳を縦長に切断して、断面を観察しスケッチする。切片を作る時には試料を軽く手で押さえ、カミソリで押すようにして切断する。小脳，視神経などは取れやすいので注意する。

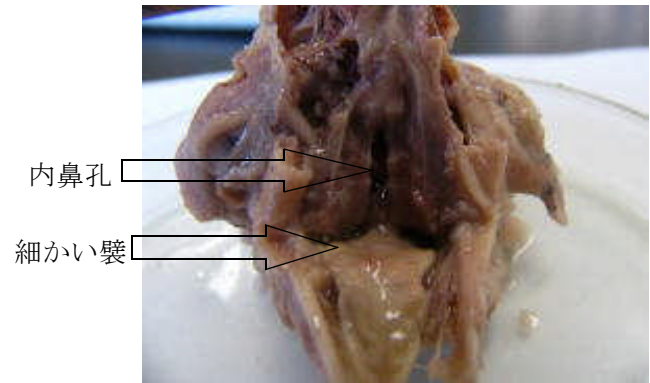


- ・大脳にはしわがなく，小脳にはしわが多数確認できる。

(6) くちばしを開けて口の中を観察する。



【下のくちばしの様子】



【上のくちばしの様子】

- ・ 食道の入り口となる咽頭が中央の穴の部分で、気管の入り口となる喉頭が舌の奥にある楕円形の穴の部分である。
- ・ 歯はなく、舌は三角形で長い。舌には食べた物が逆流しないように、喉の奥の方に向かって細かい壁がある。
- ・ くちばしの上の穴は内鼻孔で、外鼻孔とつながっている。

(補足) 眼球を取り出し観察をする。



【ガラス体】



【水晶体】



【水晶体の断面】

- ・ 眼球は円盤状をしていて、視神経の入る穴が開いている。眼球内部は黒い。
- ・ 水晶体の断面は白くなっているが、これはタンパク質が加熱されたことによる。

《ガラス体について》

眼球の器官の一つ。水晶体の後方にあり、内腔をうめる無色透明なゼリー状の組織で、タンパク質からできている。入ってくる光を屈折させる役割、また眼球の外側を覆う強膜とともに眼球の形を保つ役割を担い、外力を分散させる作用を持つとされる。

《水晶体について》

眼球の器官の一つで無色透明な組織。レンズの役割を果たす。水晶体の主要成分はクリスタリンとよばれるタンパク質で、ほ乳類ではアルファ、ベータ、ガンマという3種類のクリスタリンがあり、鳥類やほ乳類ではベータのかわりにデルタクリスタリンが存在する。網膜上に正確な像を結ぶには水晶体の曲率または位置を変えることが必要であるが、ほ乳類、鳥類、ほ乳類では毛様筋の反射的収縮によって曲率が変わり、両生類では前方へ、魚類では後方に牽引する筋肉によって位置が変化する。



- ・ 『ニワトリの脳の観察』は、身近で刺激的な教材を用いた実験である。積極的に取り組む生徒がほとんどだが、それぞれの作業を丁寧に行わないと崩れやすい教材なのでばらばらにするだけになってしまう。じっくりと取り組ませるように指導することが必要である。

2 観察ポイント・各部位の役割について

大脳・・・ 視覚・聴覚などの感覚中枢、各種の随意運動の中枢の他、記憶・思考・理解などの精神活動を営む中枢、本能行動に関する中枢がある。

*左右の半球に分かれている。ヒトの大脳は、両半球とも外側は細胞体が、内側は神経繊維が集まっており、それぞれ大脳皮質（灰白質）、大脳髄質（白質）と呼ばれる。鳥類の大脳は細胞体が各所に散らばっているため、灰白質と白質の区別は見られない。

嗅葉・・・ 嗅覚をつかさどる部分。

*前方に突出している。多数の嗅神経が入っている。

視葉（中脳）・・・ 視覚をつかさどる部分。

はたらき：眼球運動、瞳孔拡大・縮小の調節、姿勢保持。

*先端が黒ずんでいる視神経と間脳、その左右に視葉が張り出している。

小脳・・・ 筋運動を調節し、体の平衡を保つ中枢がある。

はたらき：体の平衡を正しく保持したり、諸筋の正常な緊張状態を保つための精密な制御器官。

*体の割合から見て平衡感覚に関係する小脳が大きい。鳥類や魚類のように、空中や水中で運動する動物はよく発達している。

延髄・・・ 呼吸運動、心臓の拍動、血管の収縮などを支配する中枢がある。また、消化管の運動や消化液の分泌を調節する中枢、飲み込みなどの反射中枢もある。

*生命の維持に直接関係する重要な働きをしている。

視交叉・・・ 目の情報が反対側の脳に伝わる。

*視神経の、間脳の直前における交差。脳の下面を観察すると確認できる。交差後、視索となった左右の視神経はすべてそれぞれ反対側の中脳へ導かれる。

くちばし・・・ 歯と唇の作用、前肢の代行をしている。

*上下のあごの骨が突き出て、表面が角質化したもの。餌をとったり砕いたりするのに重要な働きをする。食性によってくちばしの形態には著しい変異がみられる。また前肢が翼に変わっているため、羽づくろいや巣づくりなど生活の多くの場面で、くちばしが手のかわりをしている。

Ⅲ 実施後の留意事項

- ・実験の片付け時に、解剖したもの全てをビニール袋に回収し、犬の餌として希望者へ持たせる。
- ・ヒトの脳の構造模型や猫や犬などの脳の標本も実験室に展示し、解剖後、生徒に比較観察させると効果的である。
- ・実験後、岩波生物学事典などを用意しておき、疑問点を調べさせる。時間があれば図書館で脳についての調べ学習をさせるのも良い。
- ・脳アトラス（ペーパークラフト）の作成も生徒が興味を持って取り組むので、授業に余裕があれば実施してみるのも良い。

Ⅳ その他

1 参考資料・脊ついで動物の脳の特徴について



（実教出版生物総合資料より）

脳の特徴

魚 類：大脳は小さく，中脳と小脳が発達している。

両生類：中脳は発達しているが小脳の割合が小さい。

は虫類：両生類に似ているが大脳がやや発達している。

鳥 類：大脳が発達している。中脳と小脳の割合が大きい。

(中脳と小脳は空を飛ぶ時のバランスを維持する必要があるため発達したと考えられている。大脳の発達の種類差が激しく，特にカラスの大脳は他の鳥類と比較しても大きく発達している。)

ほ乳類：大脳と小脳が発達し，中脳の表面を全て覆う。高等なものほど大脳が大きい。

2 参考資料・ニワトリについて

・分類

界：動物界 Animalia
門：脊索動物門 Chordata
亜門：脊椎動物亜門 Vertebrata
綱：鳥綱 Aves
目：キジ目 Galliformes
科：キジ科 Phasianidae
属：ヤケイ属 Gallus
種：セキショクヤケイ gallus
亜種：domesticus

学名 Gallus gallus domesticus L., 1758

和名 ニワトリ

英名 Chicken



・概要

ニワトリは肉と卵を食用に，羽を衣服，特に防寒具や寝具に利用するため，世界中で飼育されている家禽（かきん）である。特に食用目的での飼育が盛んであり，伝統的な放し飼いによる低密度な飼育から，大規模養鶏場での高密度な飼育まで，生産者ごとに数々の飼育法が用いられる。

食肉としては，淡白な白身で，栄養素としてタンパク質に富む良質な肉質を持つ。翼は比較的小さく，飛ぶことは得意ではないが，野生化した個体は数十 m ほど飛ぶことがある。

人類により，野鶏から早い時期に家禽化されたが，はじめは食用ではなく，祭祀用であったと推定されている。最初にニワトリを家禽化した中国南部は今でも飼育密度が高い。

雄鶏特有の甲高い鳴き声もニワトリの特徴のひとつとして挙げられる。現在日本国内では鳴き声を「コケコッコー」と表現する場合がほとんどだが，江戸時代では「東天紅（とうてんこう）」と表現していた。英語圏では「Cock-a-doodle-doo（クックドゥードゥルドゥー）」，フランスでは「ココリコ」，ドイツでは「キケリキー」，中国語圏では「咯咯」等と表記する。

・ニワトリの身体的特徴

頭部には鶏冠とあごの部分には肉髯（にくぜん）と呼ばれる皮膚が発達変化した装飾器官があつて雌よりも雄の方が大きい。目の後ろには耳があり耳たぶのことを耳朶（じだ）と呼ぶ。また一般的には足の指は 4 本，鳥骨鶏は 5 本で雄の足には横向きか後ろ向きに角質が変化したけづめが生えている。雌には無い。まばたきの仕方が人間とは異なり，下から上に被せるようになっている。眼球運動が出来ないので常に首を前後左右に振っている。

3 参考資料・ヒトの右脳と左脳について

大脳皮質の左半球（左脳）と右半球（右脳）とではその働きに違いがある。左脳は言語の理解や計算能力など言語的機能にすぐれ，右脳は空間構成の把握や音楽的能力など非言語的機能にすぐれる。左脳と右脳は，脳梁と呼ばれる神経の束でつながり，協調して働いている。

運動神経は延髄で，感覚神経は脊髄または延髄で交叉しているので，左半身で受けた刺激は右脳に到達し，右半身で受けた刺激は左脳に到達する。

同様に，視神経は内側（鼻側）半分が間脳の直前で交叉していて，左視野を右脳が，右視野を左脳がそれぞれ担当する。

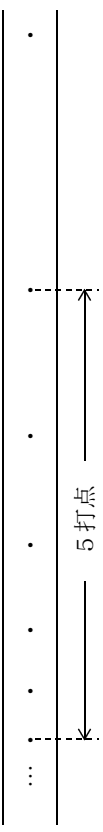
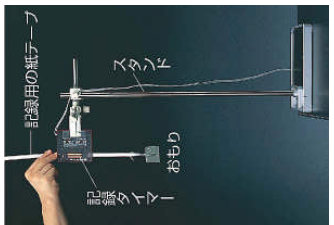
重力加速度の測定

年 組 番 氏名

【目的】 記録タイマーを用いて、物体の落下の重力加速度の大きさを測定する。
【準備】 放電記録タイマー、記録テープ、おもり（鉄球と木片）、力学スタンド、セロテープ、ものさし

【実験】

- 1 記録タイマーを右図のように力学スタンドに取り付ける。
※留意点：おもりの落下点には、床を傷めないように雑巾やクッションなどを置く。
- 2 1 m程度に切った記録テープを記録タイマーに通してセロテープで鉄球に止め、鉄球を手で支える。
- 3 タイマーの電源スイッチを入れてから手を放し、鉄球を落下させる。
※留意点：落下した鉄球が足にぶつからないように注意する。
- 4 記録テープを5打点ごとに区切りその長さを測定する。
※留意点：打点の始めの部分は連続しているから、見分けられるところから分析する。



5 木片についても、2～4の操作を行う。

【結果】 交流の周波数は50Hz、つまり、記録タイマーは1秒間に50回の点を打つ。したがって、5打点の時間は(*)秒となる。右の表に5打点ごとの長さ（落下距離）を記入する。

【考察】

- 1 右表を完成させ、平均の加速度の大きさを有効数字2桁で出しなさい。また、その平均値を求めなさい。
- 2 1で求めた平均値を測定値として、誤差を計算しなさい。理論値は $g \approx 9.8 \text{ m/s}^2$ とする。誤差が5%以内でなければ、その原因を2つ以上あげなさい。

誤差 = $\frac{\text{理論値} - \text{測定値}}{\text{理論値}} \times 100$

鉄球の誤差 =

木片の誤差 =

〈鉄 球〉

落下時間	(*) 秒間の 落下距離 [cm]	平均の速さ [m/s]	(*) 秒間で 変化した速さ [m/s]	平均の加速度 [m/s ²]
0				
()				
()				
()				
()				
加速度の 平均値				

〈木 片〉

落下時間	(*) 秒間の 落下距離 [cm]	平均の速さ [m/s]	(*) 秒間で 変化した速さ [m/s]	平均の加速度 [m/s ²]
0				
()				
()				
()				
()				
加速度の 平均値				

【感想】

- 1 この実験で分かったこと
- 2 この実験で分からなかったこと
- 3 この実験を通して感じたこと

〔自己評価〕

- 1. 実験の原理が理解できた
A B C D
- 2. 正しい実験操作ができた
A B C D
- 3. 班で協力して進めることができた
A B C D
- 4. 片付けがきちんとできた
A B C D

重力加速度の測定

I 準備における留意事項

1 使用器具

放電記録タイマー、記録テープ、おもり(鉄球と木片)、力学スタンド、セロテープ、ものさし

2 記録タイマーの使い方

(1) 記録タイマー

メーカーによって形状が異なる。大きく分けて2つのタイプがある。

タイマー本体にカーボン紙が付いていて記録テープに打点していくものと本体の放電用針が記録テープに触れると打点するものがある。

記録テープは15 mm幅と10 mm幅のものがある。多くが15 mm幅のようだが10 mm幅のテープだと方眼紙に貼り付けてデータを処理するのに便利である。



カーボン紙記録タイマー(普通紙テープ)



放電記録タイマー(放電記録テープ)

記録タイマーは50Hz・60Hz 両用になっているので山梨県は50Hzにスイッチを合わせて使用する。50Hzは1秒間に50回打点する。したがって1打点は $1/50 = 0.02$ 秒, 2打点は $2/50 = 0.04$ 秒, 5打点は $5/50 = 0.1$ 秒となる。

(2) 記録テープ

カーボン紙記録タイマーは普通紙テープをセットする。カーボン紙は劣化するので、必ず打点するか確認する。

放電記録タイマーは専用の記録用紙を使うので注意する。

全ての記録タイマーのテープやカーボン紙はメーカーや機種によって違うので、必ず専用のものを購入すること。

必要な本数をあらかじめ1 m位に切っておくと良い。その際、記録テープが折れたり先が丸まったりしないよう工夫が必要。先が丸まったりすると、正確な実験結果が得られない。うまく打点しないことがあるので記録テープは多めに用意しておくが良い。

(3) おもり

おもりの質量は200～300 g くらいがよい。テープと記録タイマーとの摩擦や空気抵抗の影響を受けないため。



鉄球と木片



砂袋

質量の違うものを用意するのは、重いものと軽いものを落としたら重力加速度が違うのかどうかを比べるため→重くても軽くても重力加速度は一定 $g \doteq 9.8 \text{ m/s}^2$

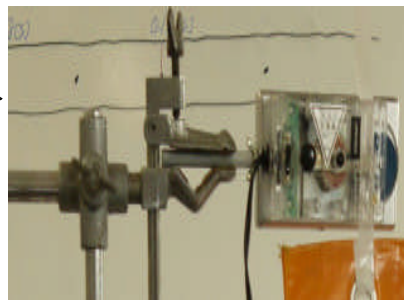


- ・鉄球は床を傷つけたり、足に当たると怪我をするので注意が必要。
- ・鉄球を使う場合は床にぞうきんやクッションが必要。砂袋はその必要はない。

Ⅱ 実施上の留意事項

1 実験機器のセットの仕方

- ・ 図のように記録タイマーをセットする。



- ・ 記録タイマーは床に対して平行にセットし、記録テープは床に垂直になるようにセットする。



- ・ カーボン式の記録タイマーは力学スタンドに接触するところにゴム板などをつけてしっかりと固定する。
- ・ 力学スタンドはある程度の重量があった方がよい。おもりを落とす際、振動などの影響を受けないため。
- ・ 力学スタンドは記録テープを通したときまっすぐになるよう床面から 1 m 以上の高さの位置でセットする。
- ・ 記録タイマーのスイッチは切っておく。
- ・ 記録タイマーの AC コードが記録テープに触らないようにする。
- ・ 記録タイマーに記録テープをとおし、先端におもりをセロテープでつける。手のひらでおもりを持ち、もう一方の先端を別の実験者が持ち、タイマーのスイッチを入れ、おもりを持っている人と、テープの先端を持っている人が同時に手を離す。
- ・ 放電記録テープは裏表を間違わないようにする。
- ・ おもりが足に落ちないように細心の注意をする。おもりの落下点には床を傷めないように、ぞうきんやクッションなどを置く。



ワンポイントアドバイス

誤差を少なくするための工夫として、記録テープと記録タイマーの摩擦をできるだけ小さくすることが大切。

そのためには

- ・ 記録テープをまっすぐ伸ばした状態で手を離す。
- ・ 記録テープが垂直に落下するように記録タイマーの固定に気をつける
- ・ 空気抵抗を少なくするために質量の大きいおもり（200 g ～ 300 g）を使用する。

2 実験結果のデータ処理について

- ・ 記録テープを実験台にセロテープでまっすぐに貼る。
- ・ 記録テープを 5 打点ごとに区切りその長さをものさしで測る。
- ・ はじめの方は打点が重なっているので除く。はっきりと見分けられるところからカウントし始める。
- ・ 記録テープの前後の打点を見て明らかに打点が記録されずに飛んでしまっているところは打点があるものとしてカウントする。
- ・ 明らかにデータとして使えないものは、そのデータにこだわらず再度実験をやり直すことも必要。

4 区間

-175-

(2) 2 打点で区切る場合

1 区間	2 区間	3 区間	4 区間	5 区間	6 区間	7 区間	8 区間
.....							

〈鉄 球〉 ※表の値は例

落下時間	(0.04) 秒間の 落下距離[cm]	平均の速さ[m/s] ※ 2	(0.04) 秒間で 変化した速さ[m/s] ※ 3	平均の加速度 [m/s ²] ※ 4
0				
1 区間 (0.04)	3 . 4	0 . 8 5		
2 区間 (0.08)	4 . 9	1 . 2 3	0 . 3 8	9 . 5 0
3 区間 (0.12)	6 . 3	1 . 5 8	0 . 3 5	8 . 7 5
4 区間 (0.16)	8 . 0	2 . 0 0	0 . 4 2	1 0 . 5 0
5 区間 (0.20)	9 . 4	2 . 3 5	0 . 3 5	8 . 7 5
6 区間 (0.24)	1 1 . 0	2 . 7 5	0 . 4 0	1 0 . 0 0
7 区間 (0.28)	1 2 . 6	3 . 1 5	0 . 4 0	1 0 . 0 0
8 区間 (0.32)	1 4 . 2	3 . 5 5	0 . 4 0	1 0 . 0 0
			加速度の 平均値	9 . 6 4

※ 1 50Hz は 1 秒間に 50 回打点するので 2 打点は $2/50 = 0.04$ 秒, 5 打点は $5/50 = 0.1$ 秒となる。

※ 2 $(0.04 \text{ 秒間の距離} \div 100) \div 0.04$

※ 4 $0.04 \text{ 秒間で変化した速さ}(\text{※ 3}) \div 0.04$

Ⅲ 実施後の留意事項

片付けについては、特に留意することはない。データ処理に時間がかけられるように、速やかに片付けの指示をだす。

Ⅳ その他

1 実験書の考察

(1) 平均の加速度は鉄球および木片の表を参照 鉄球 9.7 m/s^2 木片 9.6 m/s^2

(2) 誤差の計算

$$\text{鉄球 } 9.77 \text{ m/s}^2 \text{ の場合 } \frac{|9.8 - 9.77|}{9.8} \times 100 \div 0.3 \%$$

$$\text{木片 } 9.63 \text{ m/s}^2 \text{ の場合 } \frac{|9.8 - 9.63|}{9.8} \times 100 \div 1.73\%$$

誤差が5%以上になった場合の原因として考えられること

- ・記録テープがまっすぐになっていない。
- ・記録タイマーが垂直でなかったり、しっかり固定されていない。
- ・テープの上端とおもりを同時に離さなかった。

記録テープが記録タイマーを通過する時に生じる摩擦やおもりや記録テープの空気抵抗などの影響で実験データは理論値 ($g = 9.8 \text{ m/s}^2$) よりも小さくなると考えれる。

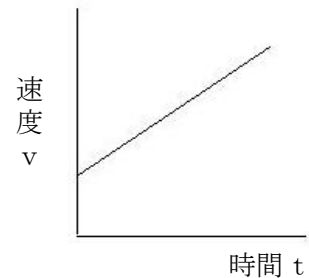
(3) $v-t$ グラフについて (速さと時間の関係を表す)

$v-t$ グラフを作るとグラフの傾きで加速度が一目瞭然である。

$v-t$ グラフを作る場合は、2打点でとるとわかりやすいグラフが作成できる。

最初の落下したときのデータは重度なったりしているのを除いてある。なので原点 (0.0) から書かない。

グラフ用紙に点を記入して、点を結ぶのではなく、どの値にもいちばん近いところで直線を引く。



2 落体の法則について

- ・ガリレオ・ガリレイ (イタリア 1564-1642) が 1604 年に落体の法則を発見した。

主に2つの法則からなる。

- ①物体が自由落下するときの時間は落下する物体の質量には依存しない。
- ②物体が落下するときに落ちる距離は落下時間の2乗に比例する。



このことを証明するために

ピザの斜塔の頂上から大小2種類の球を同時に落とし、両方が同時に着地するのを見せたといわれている。

3 重力加速度について

- ・物体が空気の摩擦や抵抗などの影響を受けずに、重力の働きだけによって落下する現象を自由落下という。重力加速度とは、物体を自由落下させた時、重力によって生じる加速度のこと。毎秒毎秒約 9.8 m の割合でおきる速度変化。

【目 的】熱量の保存より，銅の比熱の測定をする。さらに，いろいろな金属の比熱を調べる。

【準 備】水熱量計，温度計(50℃用，105℃用)，比熱測定用の銅球・金属試料，電子天秤
金属試料加熱器具（ビーカー，ガスバーナー，三脚，金網，スタンド または 鍋，電熱器）

【実 験】

1 銅の比熱測定

①銅球の質量 m_1 [g]を測定し，水を入れた鍋に銅球を入れ加熱する。

②銅製容器とつまみを外したかきまぜ棒の質量 m_2 [g]を測定する。

③容器にかきまぜ棒と適当量の水(100 程度)を入れ，その質量 m_3 [g]を測定する。
 m_3 [g] - m_2 [g]より，水の質量 m_4 を求める。

④水の入った容器を外箱に入れ，50℃用温度計を差し込んだふたをし，かきまぜ棒でよくかきまぜてから，水温 t_1 [℃]を測定する。

⑤加熱している鍋に，温度計（105℃用）を入れその水温を測定する。これを球の最初の温度とする。 t_2 [℃]

⑥銅球を取り出して手早く水熱量計の容器に入れ，かきまぜ棒で静かにかきまぜながら，50℃用温度計の温度上昇に注意する。水温の上昇が止まったところを，平衡温度 t_3 [℃]として測定する。

⑦測定結果を用いて，銅の比熱 c [J/g・K]を計算する。ただし，水熱量計の熱量は， $C = m_3 \times c$ [J/K]とする。

《参考》

$$m_1 c (t_2 - t_3) = 0.385 m_2 (t_3 - t_1) + 4.19 m_4 (t_3 - t_1)$$

銅球が失った熱量 = 銅製容器が得た熱量 + 水が得た熱量

0.385 (銅の比熱) 0.385 (銅の比熱) 4.19 (水の比熱)

2 未知の金属の比熱測定

①銅を別の金属に変え，1の①～⑥の手順で測定する。

②測定結果を用いて，未知の金属の比熱 c [J/g・K]を計算する。ただし，銅製容器の比熱は $c_{銅} = 0.385 \text{ J/g} \cdot \text{K}$ とする。

《参考》

$$m_1 c (t_3 - t_2) = 0.385 m_2 (t_3 - t_1) + 4.19 m_4 (t_3 - t_1)$$

金属が失った熱量 = 銅製容器が得た熱量 + 水が得た熱量

0.385 (銅の比熱) 0.385 (銅の比熱) 4.19 (水の比熱)

【測定値・計算値の整理】

	A： 銅	B：未知の金属
金属試料の質量 m_1 [g]		
銅製容器の質量 m_2 [g]		
容器＋水の質量 m_3 [g]		
水の質量 m_4 [g]		
水温 t_1 [℃]		
球の最初の温度 t_2 [℃]		
平衡温度 t_3 [℃]		
球の比熱 c [J/g・K]	$c =$	$c =$

計算式を記入

【考 察】

(1) 銅の比熱の誤差を求めなさい。

誤差 =

理論値 - 測定値

理論値

$\times 100 =$

また，その原因としてどのようなことが考えられるか。

(2) 未知の金属は，何か。また，そう考えた理由も書きなさい。

(3) 感想・自己評価
この実験で分かったこと

〔自己評価〕

1. 実験の原理が理解できた

A B C D

2. 正しい実験操作ができた

A B C D

3. 班で協力して進めることができた

A B C D

4. 片付けがきちんできた

A B C D

比熱の測定

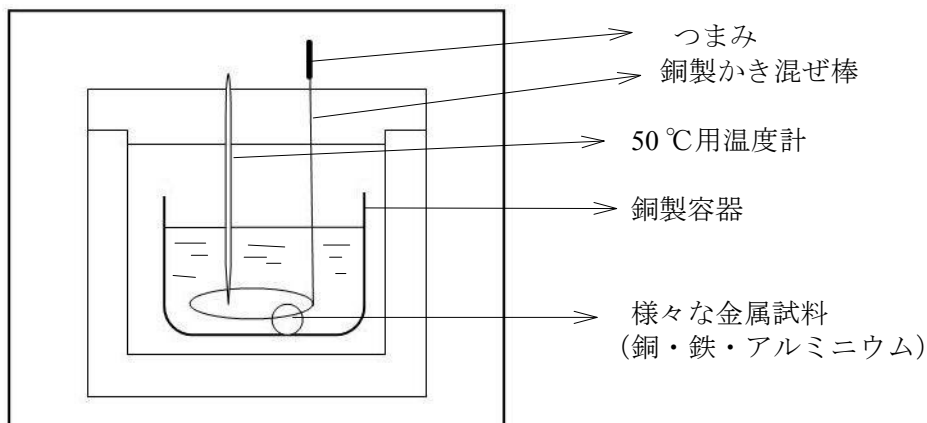
I 準備における留意事項

1 使用器具

水熱量計，温度計（50℃用，105℃用），比熱測定用の銅球，金属試料，電子天秤
金属試料加熱器具（ビーカー，ガスバーナー，三脚，金網，スタンドまたは鍋，電熱器）

2 器具の取り扱いについて

（1）水熱量計



- ・容器，かき混ぜ棒は銅製のものを使用する。
- ・温度計は 50℃で詳細に計測できるもの



例 分銅

（2）使用する金属試料

- ・計算しやすいように 100 g ぐらいのものを使用する。
- ・金属試料は，銅，鉄，アルミニウムを用意する。
- ・金属試料には取り出しやすいように木綿糸やたこ糸などをつけておく。
- ・金属試料には各班毎，番号等をつけてわかりやすくしておく。



（3）金属試料の加熱

- ・図のような方法があるが，鍋で一斉に加熱する方が安全で準備も容易である。目が行き届くので危険がない。
- ・ビーカーの場合
班ごとなので，ビーカーを倒したり，金属試料で破損したりしないように注意する。金属がビーカーの底に触れないようにする。
- ・鍋の場合
自分たちの班の金属試料を間違えないように取り出す。その際，水熱量計の容器を鍋の側に置き速やかに入れる。

ビーカーの場合



鍋の場合





ワンポイントアドバイス

・金属をお湯で熱する場合は、水温が一定になっても、金属試料の中まで温度が均一になるように、しばらく加熱を続ける。

II 実施上の留意事項

1 銅の比熱測定

計測にあたっては同じ電子天秤（小数点第2位まで量ることができる）を使用する。

- (1) 銅の重さを測定する。小数点第2位まで記録する m_1 [g]。重さを量ったら温水を入れた鍋に入れ加熱する。
- (2) 銅製容器とつまみを外したかき混ぜ棒を量る m_2 [g]。
- (3) 容器に水とかき混ぜ棒を入れて重さを量る m_3 [g]。この重さから m_2 を差し引いて水の重さを求める m_4 [g]。
- (4) 水の入った容器を外箱に入れ、50℃用温度計を差し込んだふたをし、かき混ぜ棒のつまみをつけて、良くかき混ぜてから水温を測定する。 t_1 [℃]
- (5) 加熱している鍋に温度計（105℃用）を入れ、水温を測定する t_2 [℃]
- (6) 鍋の側に熱量計を持ってきて、銅を取り出して素早く入れてふたをしてかき混ぜながら温度上昇に注意する。水温の上昇が止まったところを平衡温度として測定する t_3 [℃]。
- (7) 測定結果を用いて、銅の比熱 c [J/(g・K)] を計算する。



ワンポイントアドバイス

実験の途中で熱の移動によって、熱が外に逃げるのをできるだけ防ぐことが大切である。

- ① 熱量計の始めの水温は室温より少し低めにする。ただし、水道水は室温より低いことが多いので、あまり気にしなくて良い。
- ② 平衡温度は室温より少し高くする。
- ③ 金属試料を熱量計に入れる時は、付着している水をよく取り除く。熱の放出を避けるために、手際よく行う。

2 未知の金属の比熱測定

銅を未知の金属（鉄、アルミニウム等）に換えて、同様に測定する。

3 データ処理について

(1) 計測結果の例

測定値は有効数字3桁または4桁で測定すると良い。

	A : 銅 球	B : 未知の金属球 1	C : 未知の金属球 2
球の質量 m_1 [g]	1 0 3 . 2 9	1 0 2 . 5 1	1 0 1 . 4 2
銅製容器の質量 m_2 [g]	1 3 8 . 3 7	1 3 8 . 3 7	1 3 8 . 3 7
容器+水の質量 m_3 [g]	2 3 8 . 4 3	2 9 7 . 5 4	2 9 6 . 9 5
水の質量 m_4 [g]	1 0 0 . 0 6	1 5 9 . 1 7	1 5 8 . 5 8
水温 t_1 [℃]	1 7 . 6 0	2 5 . 2 0	2 8 . 9 0
球の最初の温度 t_2 [℃]	9 9 . 5 0	1 0 0 . 0 0	9 9 . 8 0
平衡温度 t_3 [℃]	2 4 . 1 0	2 9 . 9 0	3 6 . 4 0
球の比熱 c [J/(g・K)]	$c =$ 0 . 3 9	$c =$ 0 . 4 7	$c =$ 0 . 8 3

(2) 比熱 (c) の求め方

比熱 (c) はある物質 1 g の温度を 1℃上げるのに必要な熱量のこと。

$$m_1 c (t_2 - t_3) = 0.385 m_2 (t_3 - t_1) + 4.19 m_4 (t_3 - t_1)$$

銅球が失った熱量 = 銅製容器が得た熱量 + 水が得た熱量

0.385(銅の比熱) 4.19(水の比熱)

上記の式より

$$c = 0.385 m_2 (t_3 - t_1) + 4.19 m_4 (t_3 - t_1) / m_1 (t_3 - t_2)$$

↓ ↓ ↓
それぞれの計算の内容は

$$\text{熱量 [J]} = \text{物質の質量 [g]} \times \text{比熱 [J/(g・K)]} \times \text{温度変化 [℃]}$$

例 銅球の比熱の求め方

$$103.29 \times c \times (99.50 - 24.10) = 0.385 \times 138.37 \times (23.10 - 17.60) + 4.19 \times 100.06 \times (24.10 - 17.60)$$

$$7788.066 c = 3071.405$$

$$c = 0.394 \div 0.39$$



ワンポイントアドバイス

- 熱とエネルギーはのものと思われていた時代、水 1 g の温度を 1℃上昇させるための熱量を 1 cal (カロリック・熱子) と定め、これとの比較の量を物質の比熱とした。20 年程前計量法改正に伴い cal (カロリー) は J (ジュール) に統一することになった。1 cal = 4.19J (教科書によっては若干数値が違う。4.18, 4.2 など)

(3) 物質の比熱について

物 質	比 熱[J/(g・K)]	物 質	比 熱[J/(g・K)]
銅	0.385	海水	3.93
鉄	0.447	メタノール	2.55
アルミニウム	0.902	水素 (1 気圧)	14.2
木材	1.3	酸素 (1 気圧)	0.92
コンクリート	0.8	水蒸気 (1 気圧)	2.05
水	4.19	空気 (1 気圧)	1.01

※出版社によって、多少数値が違うことがあるので、使用する教科書に合わせて計算する。

III 実施後の留意事項

1 器具の片付け

- 金属試料は良く拭いてからしまう。
- 水熱量計等も良く乾かしてからしまう。

IV その他

1 実験書の考察

(1) 銅の比熱の誤差

$$\text{誤差} = \frac{|\text{理論値} - \text{測定値}|}{\text{理論値}} \times 100$$

$$= \frac{|0.385 - 0.39|}{0.385} \times 100 = 1.3 \%$$

誤差が出た原因としてどのようなことが考えられるか。

→温度測定に原因がある場合が多い

- ①熱した金属試料を水熱量計容器に移す時に、熱が逃げてしまうから。
- ②かき混ぜすぎるとかき混ぜ棒がする仕事が熱に変わるから。

など

(2) 未知の金属試料は何か？そう考えた理由は？

- ・鉄
- ・鉄の比熱の理論値が 0.447 で，実験値は 0.47 で一番近い数値だから。

2 有効数字について

- ・物理量の測定には有効数字が用いられる。有効数字とは測定値として意味のある数字のこと。
例えば
最小目盛が 1 mm の物差しを使って長さを測り，その測定値が 7.86 cm である時，有効数字は 7, 8, 6 の 3 桁の数字である。
実際の計算では，有効数字より一桁多く計算し，四捨五入する。

3 熱量保存の法則について

この実験は「熱量保存の法則」を確認する実験である。熱量保存の法則とは，高温の物体が放出した熱量と低温の物体が受け取った熱量は等しくなることをいう。

- 【目的】

気柱の共鳴を利用して、おんさの振動数を測定する。
- 【準備】

気柱共鳴装置（共鳴用ガラス管、水だめ、ゴム管、スタンド）
 おんさ（500～700Hz）、たたき棒（ゴム製）、温度計
- 【実験】

① 気柱共鳴装置に水を入れる。
 水の量は水面を管口の近くにした時に水だめには、水がほとんど入っていない状態にするのがよい。
 ② はじめの室温 t_1 [°C] を計る。
 ③ 水だめの高さを調節して、水面を管口の近くにす。 (水だめを上下すると水面の高さが上下する)
 ④ おんさを鳴らしたまま、水だめをゆっくり下げていき、管口から最も強く共鳴する（音が大きくなる）位置を見つける。（第1共鳴点）管口からその位置までの距離 l_1 [m] を測定する。
 ⑤ さらに水面を下げていき、再び共鳴する位置を見つける。（第2共鳴点）管口からその位置までの距離 l_2 [m] を測定する。
 ⑥ ②～④の操作を3回行う。
 ⑦ 再び室温 t_2 [°C] を計る。

【結果】

(1) 室温の測定

はじめの室温 t_1 [°C]	終わりの室温 t_2 [°C]	平均室温 t [°C]

(2) 共鳴する長さの測定

※平均気温は $(t_2 - t_1) / 2$

測定回数	l_1 [m]	l_2 [m]	$l_2 - l_1$ [m]
1回目			
2回目			
3回目			
平均			

- (3) 次の()をうめよ。

① 音速 V を室温 t を用いて表すと、
 $V = (\quad) + (\quad) t$

② $l_2 - l_1$ の平均値を用いて、波長 λ を表すと、
 $\lambda = (\quad) \times (l_2 - l_1)$

③ おんさの振動数 f を V と λ を用いて表すと、
 $f = \frac{(\quad)}{(\quad)}$
- (4) 上の式に実験データを代入し、おんさの振動数 f を求めよ。

- 【考察】

1 波長を求めるのに4 l_1 としないのはなぜか。

2 開口端補正を求めよ。

3 室温が上がると共鳴の位置 l_1 , l_2 はどう変化するか。また、振動数を大きくするとどうか。

4 感想・自己評価

「自己評価」

1. 実験の原理が理解できた

A B C D

2. 正しい実験操作ができた

A B C D

3. 班で協力して進めることができた

A B C D

4. 片付けがきちんできた

A B C D

気柱の共鳴

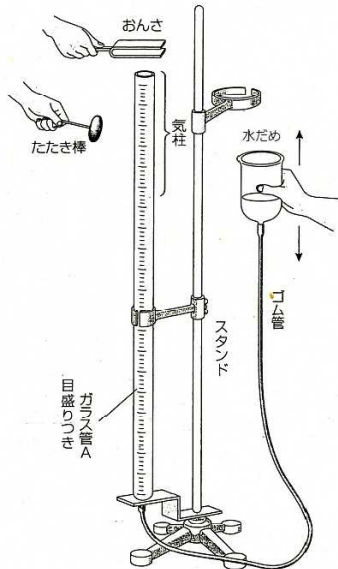
I 準備における留意事項

1 使用器具

気柱共鳴装置（共鳴用ガラス管、水だめ、ゴム管、スタンド）、おんさ（500～700Hz）、たたき棒（ゴム製）、温度計

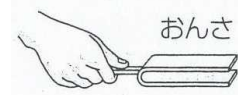
2 使用器具の説明

（1）気柱共鳴装置



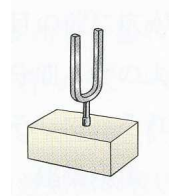
水だめを上下させることでガラス管の水位を上下させ、おんさの振動に気柱を共鳴させる。
その波長を測り、おんさの振動数を測定する装置。

（2）おんさ



特定の高さの音を発する二又に別れた金属製の道具。

上の図のようなおんさをこの実験では使用するが、下の図のような台がついたおんさでも使用可能。
使用する場合は90度倒して使用する。



ワンポイントアドバイス



- ・気柱共鳴装置は床の安定したところに設置する。
- ・できるだけ静かな状態で実験が行えるよう、班が多い場合はある程度距離を離して装置を設置する。
- ・目盛りつきガラス管は床に対して、垂直になるようにする。
- ・水道が近くにない場合は、ビーカーなどの水差しを用意しておく。
- ・今は管口にゴムがついているものがあるので、それを使用するとよい。
（管口の破損を防ぐことができる）
- ・おんさは振動数が異なるものがあるので番号を打っておくとよい。

II 実施上の留意事項

1 実験の方法

（1）気柱共鳴装置の水について

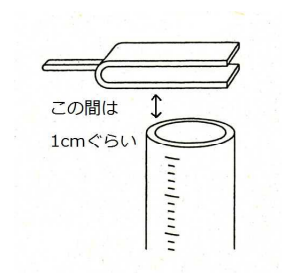
- ・ゴム管が曲がったり、よれたりしていると、うまく水が入らないので、気をつけること。
- ・水は、水だめを管口辺りに上げて入れるが、水だめを管口より上げすぎると水があふれることがあるので気をつける。
- ・約700 mL ぐらいの水をビーカーに用意しておくとうい。

（2）おんさを使用する時に注意すること

- ・おんさはたたき棒以外でたたかない。
- ・管を破損するおそれがあるので、管口の近くでは、おんさをたたかない。



- ・おんさはたたいてから、右図のように、管口の1cmぐらいに横向きで置く。定常波の腹が管口のすぐ上にできるので、おんさを近づけすぎて共鳴させると定常波を壊す。
- ・おんさを鳴らしたら、机の上に置かない。振動が伝わってしまうから。



- ・おんさの持ち手の後ろの部分は、指をかけない。

(3) 測定について (共鳴点を見つける)

- ① はじめの室温 t_1 [°C] を計る。
 - ・水だめの水温を測る生徒がいるので、気をつける。
- ② 水だめの高さを調節して、水面を管口の近くに合わせる。(写真1)

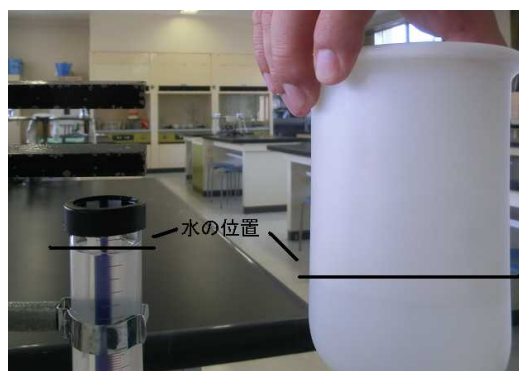


写真1

- ③ 第1共鳴点を見つける。
 - ・おんさをたたき棒でたたき、写真2のようにおんさをあてて、水だめを下げて共鳴点 (最も強く共鳴する=音が大きくなる) をみつける。その時、最初いっきに下げて、およその共鳴点を見つけると良い。次にその目盛りの2 cm 上あたりにガラス管の水面を合わせて、ゆっくり水がめを下ろし、管口からその位置までの距離 l_1 [m] を測定する。目盛りは小数点第1位で読む。



写真2

- ④ 第2共鳴点を見つける。
 - ・第2共鳴点は、第1共鳴点のだいたい3倍の距離となる。
 - ・第1共鳴点と同じように、最初いっきに下げて、およその共鳴点を見つけると良い。次にその目盛りの2 cm 上あたりにガラス管の水面を合わせて、ゆっくり水がめを下ろし、管口からその位置までの距離 l_2 [m] を測定する。目盛りは小数点第1位で読む。
- ⑤ ②～④の操作を3回行う。
- ⑥ 再び室温 t_2 [°C] を計る。

2 データの処理について（計測数値は一例）

（1）室温の測定

はじめの室温 t_1 [°C]	終わりの室温 t_2 [°C]	平均室温 t [°C]
25	25	25

※平均気温は $(t_1 + t_2) / 2$

（2）共鳴する長さの測定

測定回数	l_1 [m]	l_2 [m]	$l_2 - l_1$ [m]
1 回目	0.114 (11.4cm)	0.368 (36.8cm)	0.254 (25.4cm)
2 回目	0.112 (11.2cm)	0.367 (36.7cm)	0.255 (25.5cm)
3 回目	0.113 (11.3cm)	0.368 (36.8cm)	0.255 (25.5cm)
平均	0.113 (11.3cm)	0.368 (36.8cm)	0.255 (25.5cm)

（3）実験データから、おんさの振動数 f [Hz] を求める

① 室温 t [°C] を用いて、音速（音が空気中を伝わる速さ） V [m/s] を求める。

$$V = 331.5 + 0.6t \text{ から} \quad \text{※ } 331.5 \text{ とは、空気（0℃）での音速 [m/s] のこと}$$

$$V = 331.5 + 0.6 \times 25$$

$$= 346.5 \text{ [m/s]}$$

② $l_2 - l_1$ [m] の平均値を用いて、波長（くり返す山と山、または谷と谷の距離） λ [m] を求める。

$$\lambda = 2 \times (l_2 - l_1) \text{ から}$$

$$\lambda = 2 \times 0.255$$

$$= 0.510 \text{ [m]}$$

③ おんさの振動数 f [Hz] を求める。

$$f = \frac{V}{\lambda} \text{ から}$$

$$f = 346.5 / 0.510 = 679.4117 \cdots \approx 679 \text{ [Hz]} \quad \text{※実際は680Hzのおんさを使用}$$

Ⅲ 実施後の留意事項

1 器具の片付け

- ・気柱共鳴装置を運ぶ時はガラス管を持たずに、スタンドの支柱を持って慎重に行う。（この時によく破損する）
- ・水を流しに捨てる時もガラス管を破損しないように気をつける。
- ・よく乾かす。
- ・ゴム管内の水もよくきる。（ゴムの劣化が早くなる）
- ・ゴム管取り付け部分が破損しやすいので、脱着の際には充分注意を払う。

IV その他

1 実験書の考察

(1) 波長を求めるのに $4l_1$ としないのはなぜか。

腹の位置は気柱の管口ではなく、実際には管口より外にあるため。

(2) 開口端補正を求めよ。

円筒の内部に音波を入射させた時、音波は開端で腹、閉端で節になっていると考えられる。しかし、実験によると腹は開端より少し外側に現れる。この現象を開口端補正という。

実験データを利用すると

$$\lambda = 51.0\text{cm} \quad \lambda/4 = 12.75\text{cm} \doteq 12.8$$

開口端補正 Δl は

$$\Delta l = \lambda/4 - l_1 = 12.8 - 11.3 = 1.5\text{cm}$$

よって開口端補正は 1.5cm

(3) 室温が上がると共鳴の位置 l_1, l_2 はどう変化するか。また、振動数を大きくするとどうか。

気温が上がると音速が速くなるため、それに伴い波長も長くなる。よって、 l_1, l_2 の位置は下がる。

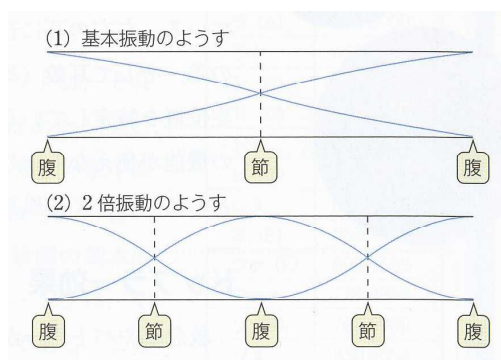
振動数が大きくなると、それに反比例して波長は短くなる。よって、 l_1, l_2 の位置は上がる。

2 共振と共鳴の違い

振り子の固有振動数は振り子の長さで決まる。長さの異なる振り子の1つだけを振動させると、同じ固有振動数を持つ振り子がよく振れる。この現象を**共振**という。また、固有振動数をもつ2つのおんさを向かいあわせて一方を鳴らすと、他方もなり始める。この現象を**共鳴**という。

3 弦の振動

ギターの演奏時、長さ l [m] の弦の中央を弾くと、腹が1個の定常波ができる。弦の端から $1/2$ [m], $1/3$ [m], … の場所を指で軽く押さえて弾くと、それぞれ腹が2個、3個、…の定常波ができる。



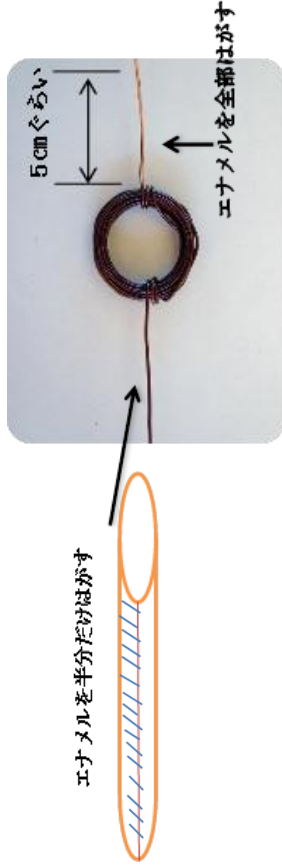
弦の振動

【目的】身近な材料を使って作ることができるクリップモーターの作成から、モーターの原理を理解し、電流、磁場、力の関係、いわゆるフレミングの左手の法則を理解する。

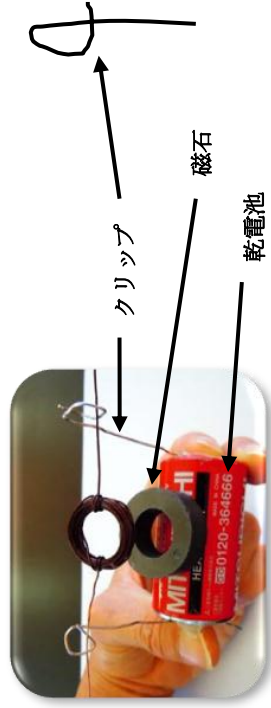
【準備】エナメル線（ホルマル線 0.6mm φ）約 1 m、ゼムクリップ 2 個、永久磁石 マンガン電池（単 1）1 個、紙ヤスリ、セロテープ、マジック

【実験】

- 1 エナメル線（ホルマル線）をマジックの胴体に 15～17 回程度巻き、両端を束ねるように 2 回ほど巻いて止める。（ちょうど真ん中で止めるのがコツ）
- 2 両端のエナメル線の手の部分（5 cm ぐらい）の被覆を、紙ヤスリで一方は全部はがし、もう一方は半分だけはがす。（回転子の完成）



- 3 クリップを伸ばして足にし、電池の両端にセロテープで留め、手でしっかり持つ。
- 4 回転子をクリップにセットし、電池に磁石をのせて、少しはずみをつけて回す。



- 5 モーターの原理とフレミングの左手の法則を確認する。
- 6 電流の向きや磁石の置き方を変えるとどうなるか確認する。

【考察】
1 モーターの作成・調整で工夫したことをわかりやすく説明せよ。

- 2 実験で作成したモーターの原理を、図等を使ってわかりやすく説明せよ。

- 3 あなたの身の回りにあるモーターを使った製品を 1 つあげ、モーターがどのように利用されているか説明せよ。

【感想】

クリップモーターの作成

I 準備における留意事項

1 準備するもの

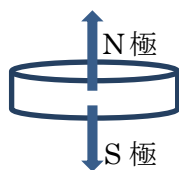
エナメル線（ホルマル線 0.6mm φ）約 1 m（一人 1 本），
ゼムクリップ（サイズ大）2 個（班で 1 組），電池（単 1）1 個，紙ヤスリ
永久磁石（強力リング磁石 両面着磁型）25～30mm φ，セロテープ，マジック

2 留意すること

エナメル線（ホルマル線）は被覆を剥いだことがわかりやすいように焦げ茶色のものを用意する。

エナメル線：ケニス 0.6mm φ 1 k g（400m）税込 6,090 円（カタログ価格）

永久磁石：強力リング磁石（両面着磁型）25～30mm φ



II 実験における留意事項

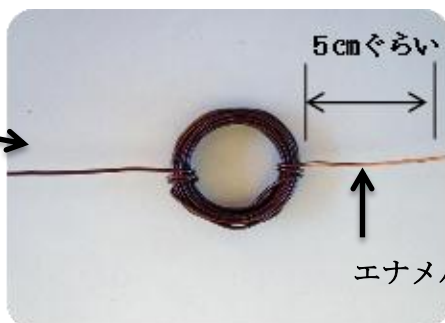
1 回転子（コイル）



（１）よく回るように軸や中心のずれ，バランスに注意する。

（２）被覆は紙やすりでしっかりはがす。その際，片側は半分被覆を必ず残すこと。

エナメルを半分だけはがす



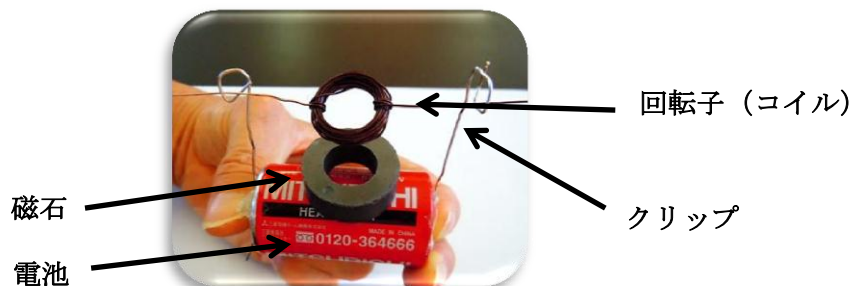
5 cm ぐらい

エナメルを全部はがす



2 クリップ

ゼムクリップを手で伸ばし足にする。電池の上に磁石をのせ，その上で回転子を回転させるので，クリップの足をセロテープで留めるとき高さを調整する。



回転子（コイル）

クリップ

磁石

電池

III 動作確認における留意事項

- 1 電池の両端にセロテープでつけたクリップが外れないよう，手でしっかり押さえながら持つと良い。
- 2 回転中，電池が多少熱くなるが，火傷をするほどではないので生徒には慌てないよう伝える。

IV その他

1 モーターの作成・調整で工夫すること

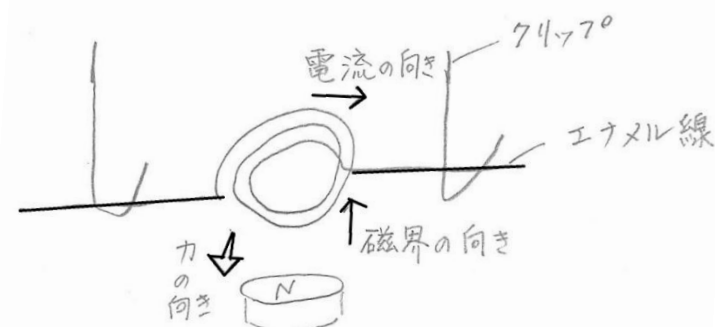
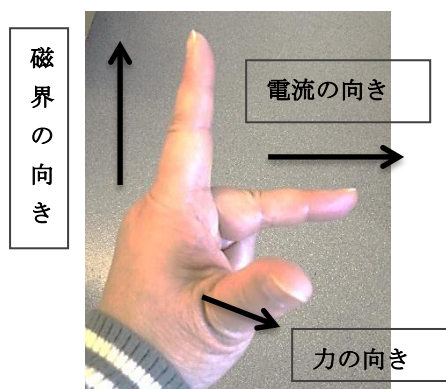
回転を連続して行わせるためには、主に以下の2つの要件を満たす必要がある。

- (1) コイルが電気回路として成立していて、磁場から力を受けやすくなっていること。
- (2) 構造的に回転しやすくなっていること。

- ・(1) については、エナメルを指定された位置と広さを正確にはがすことが必要で、クリップとの接点が確保されるように調整を工夫する。
- ・(2) については、コイルは構造的に回転対称型になっていなければならず、電流が流れていない状態でクリップ内を抵抗なく滑らかに回転するようなバランスで作られている必要がある。

2 モーターの原理

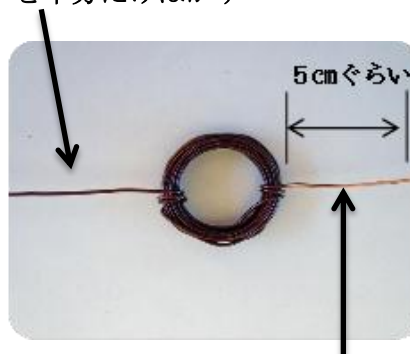
電流が流れると「フレミングの左手の法則」により、矢印の向きに“力”が発生する



エナメルをはいだところは電流が流れ、エナメル線が半転する

エナメルをはいでないところは電流が流れないが、半転した勢いでエナメル線が回転する

エナメルを半分だけはがす



エナメルを全部はがす

3 身の回りにあるモーターを使った製品でどのようにモーターが利用されているか

例：携帯電話やスマートフォンのバイブレーター

小型のモーターの先端に非対称形の回転子がつけられていて、回転のバランスをあえて崩すことで回転運動を振動に変換している。