

# 電気伝導性から結晶の種類を調べる

## ～化学結合と物質の性質～

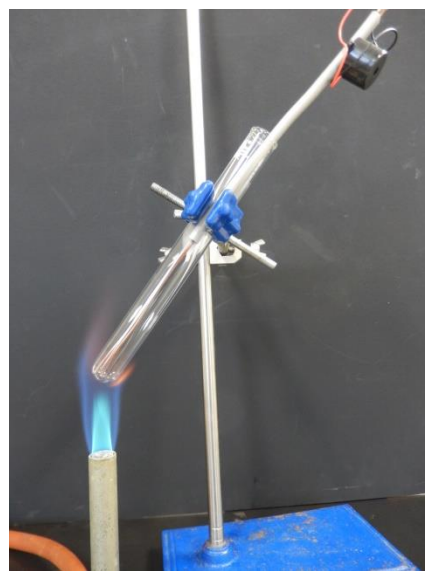
難易度	教材の入手日数	準備時間	実施時間
★★☆	1ヶ月	4時間	50分

### 目的と内容

電気伝導性を、電子を用いて化学結合との関わりから考えることで、化学結合の理解を深める

「イオンの生成を電子配置と関連づけて理解すること。また、イオン結合及びイオン結合でできた物質の性質を理解すること」「金属結合及び金属の性質を理解すること」「共有結合を電子配置と関連づけて理解すること。また、分子からなる物質の性質を理解すること」がこの単元の主なねらいである。また、物質の構成に関する探究活動を行い、前述の学習内容の理解を深めるとともに、化学的に探究する能力を高めることがねらいである。イオン結合、金属結合、共有結合、とそれらの結合でできた物質の性質の違いを比較し、物質の性質と化学結合との関係について探究する。

ここでは、化学結合の違いにより、結晶の融点や硬さ、電気伝導性（固体、液体、水溶液）などの性質が異なる。ここでは、イオン結晶（塩化ナトリウム）、金属結晶（スズ）、分子結晶（スクロース）、共有結合の結晶（二酸化ケイ素）の電気伝導性の違いを調べることにより、それぞれの結合を理解する。



### 既習事項

- 小学校：3年生の「電気の通り道」「磁石の性質」  
4年生の「金属、水、空気と温度」  
5年生の「物の溶け方」  
中学校：1年生の「物質のすがた」「状態変化」「水溶液の性質」  
2年生の「物質の成り立ち」「化学変化」  
3年生の「水溶液とイオン」「酸とアルカリとイオン」

中学校1年生では白い粉（白スクロース、デンプン、塩化ナトリウム、グラニュー糖）を区別する実験を行っている。また、金属の性質を、電気を通すかどうかで調べる観察、実験を行っている。中学校3年生では、塩化ナトリウム水、スクロース水、薄い塩酸など様々な水溶液の電気伝導性を調べる実験を取り扱っている。塩化銅の電気分解を行い、銅イオンは陰極に引かれて銅原子になり、塩化物イオンは陽極に引かれて塩素原子にさらに、2個結びついて塩素分子になると学んでいる。

## 留意点

### 【指導面】

- 物質の性質は、その構成粒子の種類と結合に深く関係している。結合の強さは「共有結合≫イオン結合・金属結合>分子間力」で、結合の強さが強いほど融点が高い。また、動くことができる電荷を持った粒子（イオンや自由電子）が存在すると電気を通す。このように、物質の性質について、結合から考えられるようにする。
- 結合を考える上で重要なのは電子である。よって、この実験では電子の存在を感じることでできる電気伝導性について調べ、結合についてイメージできるように指導する。性質の単なる暗記にならないように注意する。
- 電気を通すかどうか（ブザーが鳴るかどうか）予測しながら行うように指導する。
- 既習事項より、塩化ナトリウム水溶液中では、ナトリウムイオンと塩化物イオンに電離していることはイメージできるが、固体において $\text{Na}^+$ と $\text{Cl}^-$ が1：1で規則正しく並んでいるイメージの定着はできていない生徒が多い。したがって、融解液の状態も正しくイメージできる生徒は少ないと考えられる。また、水溶液と融解液を混同している生徒がいることにも留意する。
- 今回の実験について。

塩化ナトリウム $\text{NaCl}$ （食塩）はイオン結晶、スクロース $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ （砂糖）は分子結晶、二酸化ケイ素 $\text{SiO}_2$ （石英砂）は共有結晶、スズ $\text{Sn}$ は金属結晶である。

ここで、石英砂（共有結合の結晶）とスクロース（分子結晶）はすべての状態において電気を通さないため、電気伝導性のみでは判断できない。よって、石英砂は手順の説明も兼ねて教員が行い、共有結合の結晶であることを確定させ、残る3つについて生徒に操作および考察をさせる。

固体で電気を通るのは、スズ、つまり、金属結晶のみ。

→ 塩化ナトリウム、スクロース、（石英砂）に水を加える。

水に溶けるのは塩化ナトリウムとスクロースであり、水溶液が電気を通すのは、塩化ナトリウム、つまり、イオン結晶のみ。 → スクロース、（石英砂）を融解する。

融解できるのはスクロース、スクロースは融解液でも電気を通さない。よって、スクロースは分子結晶である。

石英はガスバーナーの強熱（1800℃）で加熱した程度では融解しない。今回の実験内容ではないが、融点が高いことから石英が共有結合の結晶であると判断できる。

	イオン結晶	分子結晶	共有結合の結晶	金属結晶
構成粒子	陽イオンと陰イオン	分子	原子	原子 (自由電子を含む)
結合	イオン結合	分子間力 (分子間に働く弱い力)	共有結合	金属結合
融点	高い	低いものが多い 昇華するものがある	非常に高い	高いものが多いが、 低いものもある
電気伝導性	固体：なし 液体・水溶液：あり	なし	なし (例外：黒鉛)	あり
物理的性質	硬くてもろい	軟らかく、砕けやすい	非常に硬い (例外：黒鉛)	展性・延性に富む
物質の例	塩化ナトリウム $\text{NaCl}$ 硝酸カリウム $\text{KNO}_3$ 塩化カルシウム $\text{CaCl}_2$	二酸化炭素 $\text{CO}_2$ 水 $\text{H}_2\text{O}$ ヨウ素 $\text{I}_2$	ダイヤモンド $\text{C}$ ケイ素 $\text{Si}$ 二酸化ケイ素 $\text{SiO}_2$	銅 $\text{Cu}$ 鉄 $\text{Fe}$ アルミニウム $\text{Al}$

### 【安全面】

- 保護めがねを着用させる。また、加熱している試験管を扱う場合は、軍手を着用させる。
- 火を扱うので机上进行を整理させる。
- 加熱する際は、やけどに十分に注意させる。万一、やけどした場合は、直ちに流水で冷やし、すぐに申し出るように指導する。
- 加熱中は試験管の中をのぞき込まないよう指示する。
- 加熱後すぐに冷やすと試験管が割れるので、水に入れないよう指導する。  
＜参考＞ 融点 スクロース：186℃ 塩化ナトリウム：801℃ スズ：231.9℃ 石英：1650℃

### 【後処理】

- スクロースを加熱した試験管は、融解したスクロースがこびりついているため、熱湯を入れた水槽を用意し、そこに回収する。
- 石英砂、スズは回収し再利用する。

## 導 入

### 【ポイント】

- 化学結合と物質の性質との関係に興味・関心を高める。
- 化学結合、状態変化、電気の流れを粒子や電子を用いてイメージできる。

### ＜導入例＞

- それぞれの結合を、生徒を粒子に見立ててモデル化する。

生徒自身が構成粒子になり、それぞれの結合について電子のモデルを用いて演じることにより、イメージできるようにする。また、三態についても同様に行う。そこに、「この状態の物質に電気を流すとどうなるか？」という発問をする。これから行う実験をイメージし、構成粒子と電子に注目して考えることを印象付ける。

方法：男子→金属元素（電子をあげたい），女子→非金属元素（電子をもらいたい）

厚紙を丸く切り真ん中に「-」と書いて作った電子（教科書でもよい）

#### ・イオン結合

男子が女子に電子を渡す。男子は+になり、女子は-になり引きつけ合う。

#### ・共有結合

女子がお互いの電子を引っ張り合う。

#### ・金属結合

男子が電子を適当にぐるぐる回す。

#### ・固体（男女関係なし）

生徒が腕組んでつながる。

#### ・液体（男女関係なし）

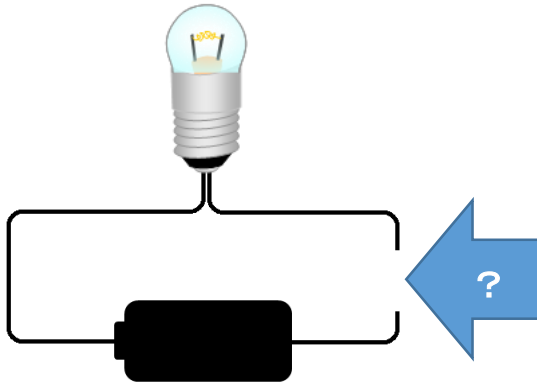
生徒が何人かずつ手をつないでいる。そのグループが何個かある。

#### ・気体

生徒一人一人が自由に走り回る。

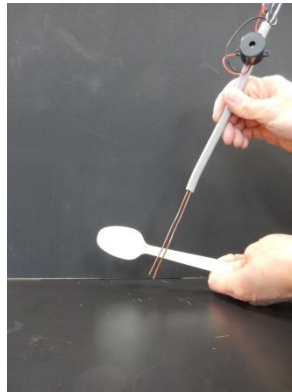
○今までの経験に視点を加えることでイメージ化する

下の回路で、電球を点灯させるには「？」を何でつなげばよいか発問する。もしくは、実験で使用するテスターを用いて、既習のもので電気を通すか通さないか発問しながら確認する。金属や塩化銅水溶液が電気を通す理由を考え、電流が電子の流れであることを確認することで、電荷をもつ粒子（自由電子やイオン）の存在が重要であることを理解し、そこから、電気伝導性にはその物質の結合の仕方が関係していることを印象付ける。



？につなぐと 電球が点くもの	？につないでも 電球が点かないもの
導線をつなぐ クリップ 鉄のスプーン 塩化銅水溶液 (塩化ナトリウム水)	ガラス棒 割りばし プラスチックのスプーン 純水 (スクロース水)

小学校3年生の実験および中学校3年生の実験



プラスチックのスプーンの  
電気伝導性



塩化銅水溶液の  
電気伝導性

## ◎準備

### 準備の流れ

#### 1ヶ月前～

(発注, 調製, 代替の検討時間含む)

- 材料の準備
- 実験室の備品確認

#### ～前日

- 材料の確認
- テスター (導電電極) を作る
- 器具・教材の分配

#### 当日

- 器具・教材の分配

## 必要な材料・器具・薬品

### 準備で必要なもの

VVFケーブル (できれば EM-EEF ケーブルの方が加熱しても有害ガスが発生しない), 電子ブザー, コイン電池 (3V), アルミテープ, ハンダ, ビニールテープ, カラーシール (なくてもよい), 金台, 金槌, はさみ, ニッパー

必要な量 (各クラスの最大班分作る)

ケーブル  $30\text{ cm} \times (\quad) \text{ 班} = (\quad) \text{ cm}$

電子ブザー, コイン電池  $1 \text{ 個} \times (\quad) \text{ 班} = (\quad) \text{ 個}$

### 当日必要なもの

[器具] 準備で作成したテスター (導電電極), 試験管, 試験管立て, ガスバーナー, スタンド, マッチ, 軍手, 保護めがね, 乾いた布 (キッチンペーパー等)

[薬品] 塩化ナトリウム, スクロース (砂糖), スズ, 石英砂, 蒸留水

必要な量 塩化ナトリウム, スクロース  $\text{約 } 0.8\text{ g} \times 2 \times (\quad) \text{ 班} = (\quad) \text{ g}$

スズ, 石英砂は1クラス分 (薬さじ小2×1クラスの班数) あれば再利用できる。

## ☆教材の入手方法

① VVFケーブル 1.6mm×2芯

ホームセンターにて購入可能 5mで650円程度

② 電子ブザー

理科消耗品カタログなどで購入可能 1個で600円程度

インターネット通信販売では 1個で250円程度

③ コイン電池 (3V)

100円ショップ等で購入可能 2個で108円

④ アルミテープ

100円ショップ等で購入可能 50mm×10mで108円

⑤ 塩化ナトリウム, スクロース

スーパーマーケットで購入可能

⑥ 石英砂

理科消耗品カタログなどで購入可能 500gで2,200円程度

⑦ スズ (粒状)

理科消耗品カタログなどで購入可能 500gで13,500円程度



①



②



③



④



⑥⑦

## 当日のセット

☆生徒用

[器具]

<input type="checkbox"/> テスター (導電電極)	1 個
<input type="checkbox"/> 試験管 (試料)	7 本
<input type="checkbox"/> 試験管立て	1 個
<input type="checkbox"/> ガスバーナー	1 個
<input type="checkbox"/> スタンド	1 個
<input type="checkbox"/> マッチ	1 個
<input type="checkbox"/> 洗淨瓶 (蒸留水)	1 本
<input type="checkbox"/> 軍手	1 組
<input type="checkbox"/> 保護めがね	人数分
<input type="checkbox"/> 乾いた布	1, 2 枚

[薬品]

<input type="checkbox"/> 塩化ナトリウム	薬さじ小 2 × 2 本
<input type="checkbox"/> スクロース (砂糖)	薬さじ小 2 × 2 本
<input type="checkbox"/> スズ	薬さじ小 2 × 2 本
<input type="checkbox"/> 石英砂	薬さじ小 2 × 1 本
<input type="checkbox"/> 蒸留水	洗淨瓶 1 本

★教員用

生徒用同じセットに、もう 1 本石英砂入り試験管を加えたもの



テスターは前日までに作る。材料はホームセンターで揃えられる上、作り方は簡単である。一度作ると、何度も使える。電極がさびた際は、やすりをかけるとよい。テスターを作らず、電源装置と電球、電極でもよい。

塩化ナトリウム、石英砂を加熱する試験管は、高熱で変形したり割れたりするため、その後使用できなくなる場合もある。廃棄してもよいものを使用する。

乾いた布は、キッチンタオルやキムワイプなど紙でもよい。

塩化ナトリウムは吸湿性 (湿気を吸う) があるため、開封して時間がたったものをそのまま使用すると、固体でも電気が通ってしまう場合がある。実験前日に乾煎りしておくとうよい (蒸発皿などにとり、ガスバーナーで加熱。パチパチ音がし始めたら OK)。

他の資料については重さをはかりとる必要はないが、教員の演示実験用の塩化ナトリウムは 0.6 g 程度になるようはかりとる。これ以上だと融解に時間がかかり、これ以下だと電極の先が塩化ナトリウムに浸らない。

石英砂は、教員が演示で行い、生徒は操作しないが、見たことがない生徒が多いので、どういものか確認のため 1 本配る。

薬品は代用可。

塩化ナトリウム → 硝酸カリウム, 塩化銅 (II) など  
スクロース → デンブ, ナフタレン (昇華する)

スズ → 鉛 (融解しやすいのはこの二つ) 今回の実験では融解しないので、銅や鉄でもよい

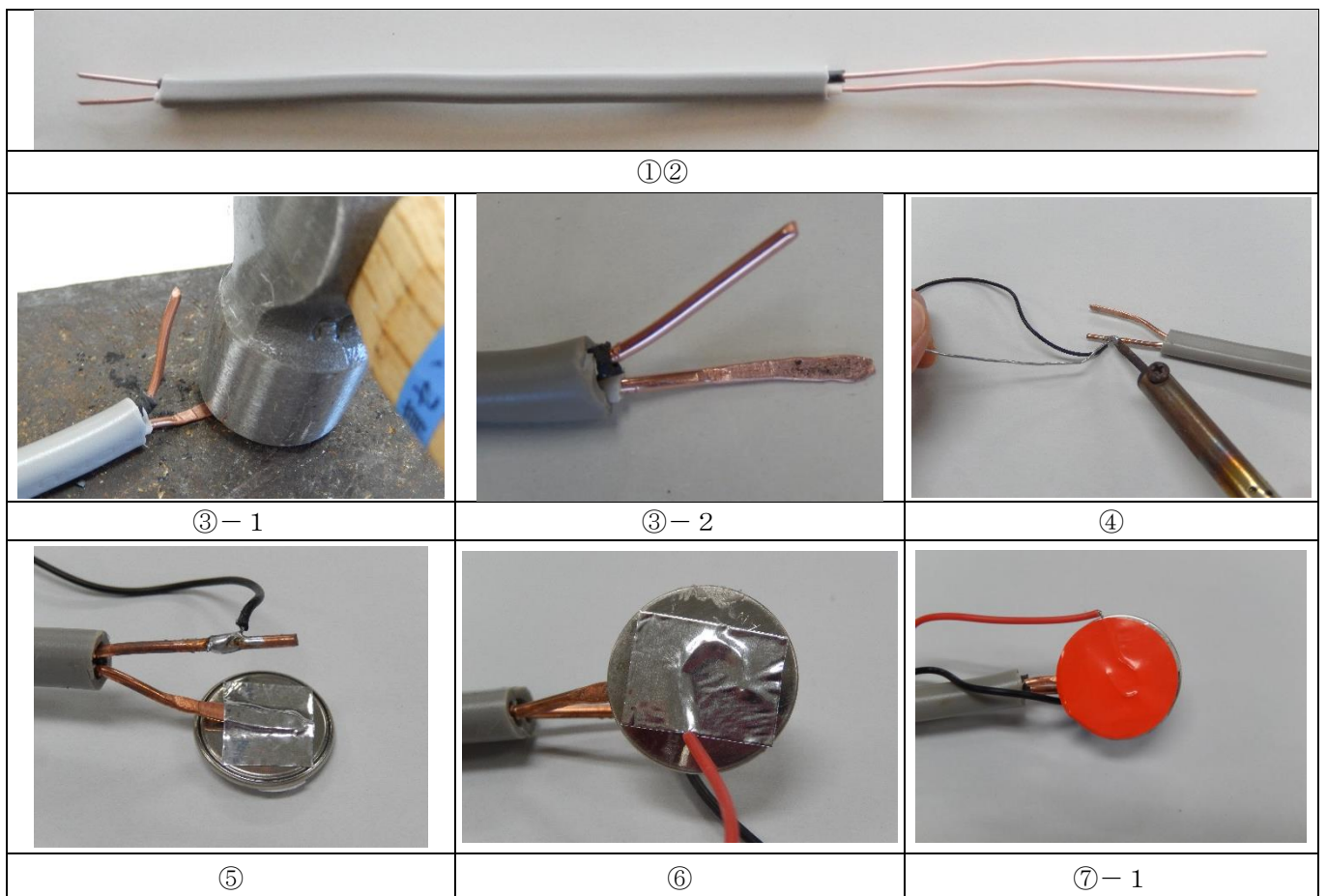
石英砂 → ガラスビーズ

(1) 前日まで

○材料や器具の確認・調達を行う。

○テスター（導電電極）を班の数分+教員用を作成する。作り方は簡単であるが、必要数が多い場合は作成に時間がかかるので、早めに作成しておくといよい。

- ① VVFケーブルを約30cmに切る。金切りバサミがあると楽だが、ニッパーでも十分切れる。ニッパーで切る場合は、外側のビニル被覆が厚いので、はさみで切り込みを入れてからニッパーを使用した方が切断しやすい。
- ② 片側は約10cm、もう片側は約2cmのところビニル被覆にはさみで切り込みを入れ、外側および内側のビニル被覆を取り外し、導線を露出させる（導線は太い銅線一本なので、切り込みを入れる際導線を切ってしまう心配はない）。取り外したビニル被膜はカバーとして使用する。
- ③ 2cm導線を露出した側の、1本を金台と金槌を使い、潰す。
- ④ ブザーの黒色コードを潰していない方の導線に巻き付ける。ハンダ付けをした方がよい。
- ⑤ ③の潰した導線を、コイン電池の－極にアルミテープで貼り付ける。
- ⑥ コイン電池の＋極に、ブザーの赤色コードをアルミテープで貼り付ける。接地面が大きくなるようにコードの先をまげて貼り付ける。
- ⑦ 電流の流れを分かりやすくするためのシールを貼り（なくてもよい）、補強のためダブルクリップで挟む。ダブルクリップがないとVVFケーブルの導線が固いため、電池との接着が不十分となり少し動かすと電気が流れなくなってしまう。ダブルクリップで挟む際は漏電を防ぐため、ビニールテープを7cm程度に切ったものを、粘着面を内側にして半分に折り、電池を挟んだ上からダブルクリップで挟む。
- ⑧ 電子ブザーの裏面に両面テープを貼り、導線部分に貼り付ける。







○固体の塩化ナトリウムに電気が通るかどうかも確かめ、通る場合は乾煎りしておく。(蒸発皿などにとり、ガスバーナーで加熱。パチパチ音がし始めたらOK)。

(2) 実験当日

材料や器具の分配を行う。薬品は生徒にはかりとらせてもよいが、あらかじめ試験管にとってから配ると、時間短縮ができる。

## ◎観察，実験

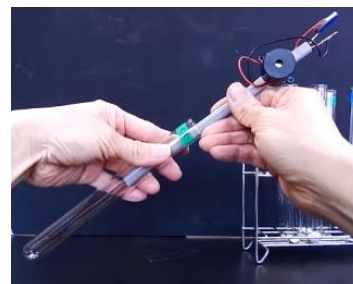
### 観察，実験の流れ

- 導入（5分）
  - \*導入のポイント及び例を参照
  - \*目的を理解させる
- 観察，実験（25分）
  - \*ブザーが鳴れば電子が通っていることを確認する
  - \*石英砂を用いて手順を説明する
  - \*手順①②を指導する
    - ・固体の電気伝導性を調べる
    - ・固体で電気の通らなかった物に水を加え，水溶液の電気伝導性を調べる
  - \*手順③を指導する
    - ・①②で電気の通らなかった物を加熱し，融解液の電気伝導性を調べる
  - \*塩化ナトリウムの融解液の電気伝導性を調べる演示実験を行う
  - \*安全面を指導する（留意点の安全面を参照）
  - \*操作は必ず全員で分担して行うよう指導する
  - \*机間指導を行いながら，生徒への実験のアドバイスや注意を促す
- 結果のまとめ，考察（10分）
  - \*グループごとに発表する
- 授業のまとめ（5分）
- 後片付け（5分）

## 手順 時間のめど（およそ20分）

### ① 固体の電気伝導性を調べる。

試験管に入っている各固体について，テスターを入れて電気伝導性を調べる。電極は試料ごとに，乾いた布でよく拭いてから使用する。



①

### ② 水溶液の電気伝導性を調べる。

①で電気が通らなかった試料（塩化ナトリウム，スクロース）について調べる。試験管に蒸留水を試験管の約6割程度まで加える。水に溶けた試料はテスターを用いて電気伝導性を調べる。電極は試料ごとにさっと洗い，乾いた布でよく拭いてから使用する。



②

③ 液体（融解液）の電気伝導性を調べる。

①でも②でも電気が通らなかった試料（スクロース）について調べる。試験管をスタンドに斜めになるように固定し、ガスバーナーの弱火で加熱し、融解したらテスターを入れて電気伝導性を調べる。融点がそれぞれ違うので、考えて操作するように説明する。スクロースは融点が低く、融解し始めたらずぐに火を外し、テスターを入れる。融点の違いにも気づかせたい。



③

**注意！** やけどに十分に注意する。

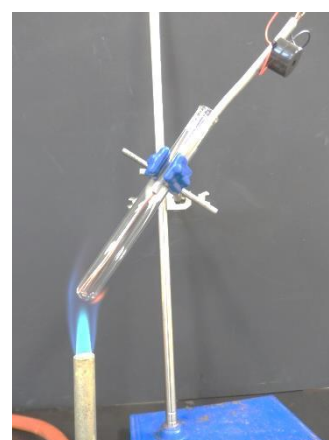
**注意！** 試験管の口から覗き込んだり、口に近づいたりしない。

**注意！** 加熱した試験管をすぐに水に入れると割れてしまうこともあるので、しばらくそのまま置く。

**ポイント！** スクロースはすぐに焦げるので、ごく弱火で加熱し、炎が固体試料にまんべんなく当たるように必要に応じて、ガスバーナーを動かす。

④ 演示で、塩化ナトリウム融解液の電気伝導性を調べる。

試験管をスタンドに斜めになるように固定し、ガスバーナーで加熱し、電気伝導性を調べる。強火で加熱し、融解したらテスターを差し込む。電極が塩化ナトリウムに浸るようにし、静かに手を放し、しばらく静置する。電極を入れた瞬間は融解した塩化ナトリウムが凝固しすぐにブザーが鳴らない。テスターをいれてしばらくするとブザーが鳴る。火を消すと凝固が始まりブザー音が消える。最初からテスターを入れた状態で加熱してもよいが、その場合銅が塩化ナトリウムにより腐食し、少し塩化ナトリウム中に溶け出す現象がみられる。



④-1

塩化ナトリウムの量は0.6g程度（薬さじ小2）がよい。これ以上だと融解に時間がかかり、これ以下だと電極の先が塩化ナトリウムに浸からない。

塩化ナトリウムの加熱では高熱が必要であるが、炎を大きくすればよいというわけではない。外炎の真ん中が試験管にあたるように調節する。

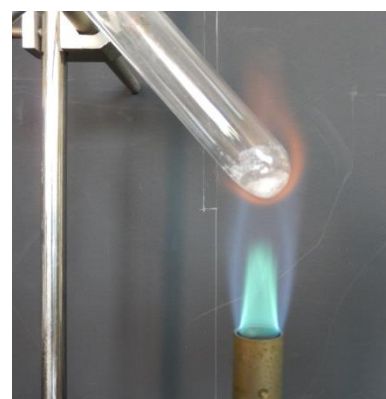


外炎（1500～1800℃）

ここが試験管の底に当たるようにする

内炎（約500℃）

炎を大きくしすぎると内炎が試験管の底に当たり、加熱が進まない



④-2

**注意！** かなり熱くなるのでやけどに十分に注意する。

**注意！** 試験管の口から覗き込んだり、口に近づいたりしない。

**注意！** 加熱した試験管をすぐに水に入れると割れてしまうので、しばらくそのまま置く。

⑤ 下のような表にまとめる。

	塩化ナトリウム	スクロース	スズ	石英砂
固体				
液体（融解液）				
水溶液				
結合の種類				

## 結果のまとめ

各試料の電気伝導性を確認する。

## 考 察

「電気伝導性から試料がそれぞれ何結合か。」などについて考察させ、プリントに記入もしくは発表させる。

## 授業のまとめ

以下の視点を参考に、まとめを行う。

- ① 電気伝導性から資料それぞれが何結合か考察できた。
- ② イオン結合，金属結合，共有結合について理解した。
- ③ 電気が流れる仕組みを，化学結合と関連付けてイメージできた。

## 後片付け

生徒に次のように指示する。

- スクロースの融解を行った試験管は，熱湯を入れた水槽に回収する。塩化ナトリウム水の試験管は洗って試験管立てに置かせる。残った塩化ナトリウム，スズ，石英砂の試験管はそのまま回収する。
- テスターは電極をよく洗って乾いた布や紙で拭かせる。

## 失敗例

### ●状態1 固体の塩化ナトリウムに電気が流れた。

原因 塩化ナトリウムには吸湿性がある。吸収した水分によって電離し，電気が流れた。

実験前に塩化ナトリウムを乾煎りする（蒸発皿に塩化ナトリウムを取り，火にかけ，パチパチいったら火を止める）。

### ●状態2 塩化ナトリウムが融解しない。

原因1 塩化ナトリウムの量が多すぎる。

葉さじ小で2杯とごく少量にする。

原因2 ガスバーナーの火の調節が悪い。

手順(3)④参照

●状態3 融解した塩化ナトリウム液に電流が流れない。

原因1 融解が不十分である。

ガスバーナーの火を調節し、十分に加熱する。

原因2 一度融解したが、テスターを入れたことで、温度が下がり凝固した。

テスターを入れてから加熱するか、入れた後しばらく加熱する。

原因3 テスターの電極が融解液に浸っていない。

やけどに気を付けながらテスターの位置を変える。テスターを持ったまま加熱すると、微妙に動くことが影響してなかなか融解しない。融解液に浸るように位置を変えたらそっと手を放し、動かないように注意する。

●状態4 スクローズ水に電気が流れた。

原因1 テスターを洗わずに使用した。

試料ごとに洗ってから使用する。

原因2 試料に不純物が混ざっている。

薬さじは薬品ごとに用意するか、洗ってから使用する。

原因3 水道水を使用したか、蒸留されていない水を使用した。

蒸留水を使用する。

原因4 テスターの電流が強すぎる。

テスターを工夫する際、トランジスタなどを使用すると、増幅率によってはごく小さい電流でも増幅されてブザーが鳴ってしまう。蒸留水でも点灯してしまう場合があるので、注意が必要である。

## 別 法

別法① 試料を別のものを使用する。

分子結晶として、ナフタレンを用いると、加熱した際に昇華する。分子結晶の特徴の一つである昇華を見られるため、良い試料と言える。

別法② 電気伝導性以外の性質も合わせて調べる。

試料の手触り、硬さ、光沢、においを観察したり、金槌でたたいて硬さや展性、延性を調べたりする。

別法③ 結晶の性質から物質そのものを見分けさせる。

試料をA, B, C・・・として配り、様々な性質から結合を推測し、結合からそれぞれの試料が何であるか見分ける。