高校化学 L01 第 4 講 物質の性質と識別

この講でできるようになること

- 密度を単位体積当たりの質量として説明し、質量と体積から密度を求められる。
- 融点・沸点を、物質の状態変化と圧力条件に結び付けて説明できる。
- 固体や水溶液の電気伝導性を資料から比較し、物質の識別に利用できる。
- 複数の性質を組み合わせ、与えられた候補の中から物質を絞り込める。
- 一つの性質だけでは候補を絞れない場合に、次に調べるべき性質を判断できる。

物質にはそれぞれ異なる性質がある

性質を比べると物質を見分ける手掛かりになる

同じような外観をもつ物質でも、詳しく調べると異なる性質を示すことがある。
物質を識別するときには、たとえば次のような性質を利用できる。

- 一定の体積にどれだけの質量があるか
- 何℃付近で融けるか
- 何℃付近で沸騰するか
- 固体や水溶液が電気を通すか

一つの性質だけが一致しても、別の物質が同じような値を示す場合がある。そのため、候補が複数あるときは、同じ条件で測られた複数の性質を組み合わせて判断することが重要である。

物質の識別

物質の識別とは、観察や測定によって得られた性質を既知の物質の性質と比較し、与えられた候補の中から物質の種類を判断することである。
識別では、測定条件をそろえたうえで、候補どうしの違いが現れる性質に注目する。

密度は「同じ体積で比べた重さ」に関係する

質量だけでなく体積も見る

大きな物体は、小さな物体より質量が大きくなることが多い。そのため、質量だけを比べても、物質そのものの違いを判断しにくい。
そこで、**同じ体積にどれだけの質量があるか**を比べる。この量が密度である。
次のイメージでは、室温付近・約 1 気圧の固体について、左を銅、右をアルミニウムとする。どちらも体積を $1.00\,\mathrm{cm^3}$ とすると、質量は銅が約 $8.96\,\mathrm{g}$、アルミニウムが約 $2.70\,\mathrm{g}$ である。

©ミライコーチング



図 1　同じ体積の銅とアルミニウムのイメージ

同じ $1.00\,\mathrm{cm^3}$ でも質量が異なるため、銅とアルミニウムでは密度が異なることが分かる。ここで用いた質量と密度の値は、性質を比べるための学習用近似値である。

密度

密度とは、**単位体積当たりの質量**である。
質量を m、体積を V とすると、密度は $\frac{m}{V}$ で求められる。
たとえば、質量が $8.96\,\mathrm{g}$、体積が $1.00\,\mathrm{cm^3}$ なら、密度は $\frac{8.96\,\mathrm{g}}{1.00\,\mathrm{cm^3}} = 8.96\,\mathrm{g\,cm^{-3}}$ である。
$\mathrm{g\,cm^{-3}}$ は「$1\,\mathrm{cm^3}$ 当たり何 g か」を表す。液体では $\mathrm{g\,mL^{-1}}$ もよく使われ、$1\,\mathrm{cm^3} = 1\,\mathrm{mL}$ なので、同じ試料では数値が同じになる。

同じ物質なら量を増やしても密度は変わらない

同じ純物質を、同じ温度・同じ圧力・同じ状態で比べると、試料の量を増やしても密度は同じである。
たとえば、ある物質の量を 2 倍にすると、質量だけでなく体積も同じ割合で増える。そのため、質量を体積で割った値は変わらない。
反対に、「質量が大きい試料だから密度も大きい」とは限らない。質量が大きい理由が、単に試料の量が多いだけの場合もあるからである。

密度を比べるときの視点

密度では、質量と体積を別々に見るのではなく、**ある体積に対してどれだけの質量があるか**を比べる。
同じ体積なら、質量が大きい方が密度も大きい。ただし、体積が異なる試料どうしでは、質量だけを見て密度の大小を判断してはいけない。

融点と沸点も物質の性質になる

融点

融点とは、一定の圧力のもとで、固体が液体へ変化するときの温度である。
純物質では、圧力などの条件をそろえると、融点は物質を識別する手掛かりになる。

沸点

沸点とは、一定の圧力のもとで、液体が内部からも気泡を生じながら沸騰するときの温度である。
沸点は圧力によって変化するため、異なる物質の沸点を比較するときは圧力条件をそろえる必要がある。

純水では約 0℃と約 100℃が目安になる

次のイメージでは、左は氷が融けて固体の水と液体の水が共存している場面、右は液体内部から気泡が生じて水が沸騰している場面を示している。



図 2　氷の融解と水の沸騰のイメージ

純水を約 1 気圧で扱うと、融点は約 0 °C、沸点は約 100 °C である。
混合物では、純物質のように一定の温度だけで状態変化を表せない場合もある。この講では、与えられた候補資料と条件を比較して識別する。

電気を通すかどうかも条件によって変わる

電気伝導性

電気伝導性とは、物質が電流を流しやすい性質のことである。
同じ物質名でも、固体か液体か、水溶液かによって電気伝導性が異なることがあるため、状態や条件を確認して比較する必要がある。

固体と水溶液を分けて比べる

室温付近で、食塩水と砂糖水はそれぞれ純水に溶かした試料として比較する。代表的な観察は次の通りである。

試料・状態	電気伝導性の代表的な観察
銅の固体	よく電気を通す
黒鉛の固体	電気を通す
食塩の固体	ほとんど電気を通さない
食塩水	電気を通す
砂糖水	ほとんど電気を通さない
純水	電気を非常に通しにくい

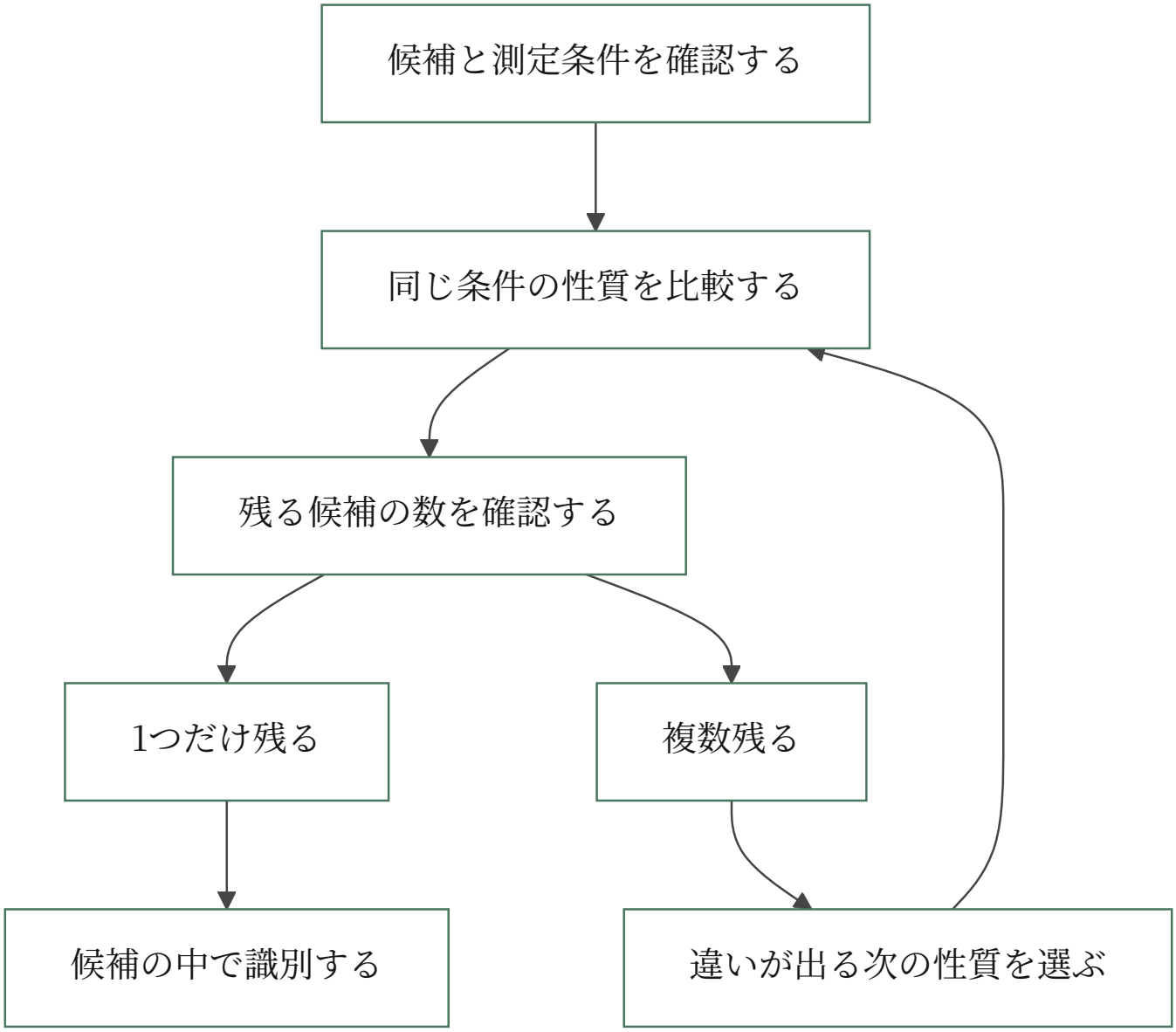
©ミライコーチング

黒鉛は非金属であるが電気を通すため、「非金属はすべて電気を通さない」と一般化してはいけない。
また、食塩は固体ではほとんど電気を通さない一方、水に溶けた食塩水では電気を通す。

複数の性質を組み合わせて候補を絞る

一致する性質を一つずつ比べる

未知の試料を識別するときは、最初から一つの性質だけで決めるのではなく、候補と測定条件を確認してから性質を比較する。



たとえば、二つの候補の密度がほぼ同じなら、密度だけでは区別できない。その場合は、融点や電気伝導性など、候補間で違いが現れる別の性質を調べればよい。
反対に、与えられた候補の中で密度だけで一つに決まるなら、それ以上の性質を必ず調べる必要はない。重要なのは、**候補が複数残っているかを確認し、複数残っているなら違いが出る性質を選ぶこと**である。

未知試料は資料から安全に判断する

この講では、与えられた観察記録や数値資料から物質を識別する。
未知の物質を口にしたり直接においを確かめたりせず、家庭で加熱や通電を行って性質を調べることも想定しない。機器分析による詳しい識別はこの講では扱わない。

例題

例題 1

問題

室温付近・約 1 気圧で固体の試料 X について、質量が 13.5 g、体積が 5.00 $\mathrm{cm^3}$ であるという設問用の測定値が与えられた。
候補は、同じ条件で密度が約 2.70 $\mathrm{g\,cm^{-3}}$ の物質 A と、約 8.96 $\mathrm{g\,cm^{-3}}$ の物質 B である。
1. 試料 X の密度を求めよ。
2. 候補 A、B のうち、試料 X に一致するものを答え、理由を説明せよ。

解答・解説

1.
密度は質量を体積で割って求めるため、$\frac{13.5\,\mathrm{g}}{5.00\,\mathrm{cm^3}} = 2.70\,\mathrm{g\,cm^{-3}}$ である。
したがって、試料 X の密度は 2.70 $\mathrm{g\,cm^{-3}}$ である。
2.
試料 X に一致する候補は **A** である。
試料 X の密度は 2.70 $\mathrm{g\,cm^{-3}}$ であり、候補 A の密度と一致する。一方、候補 B の密度 8.96 $\mathrm{g\,cm^{-3}}$ とは大きく異なる。
ここでは質量の大小だけではなく、質量を体積で割った密度を同じ条件で比較している。

例題 2

問題

約 1 気圧で、純物質 X の融点は約 0 °C、沸点は約 100 °C であるという資料が与えられた。
候補資料は次の通りである。

候補	融点	沸点
A	約 0 °C	約 100 °C
B	約 80 °C	約 220 °C
C	約 −20 °C	約 65 °C

1. この候補範囲では、純物質 X をどの候補と判断できるか。
2. 融点や沸点を比較するときに圧力条件を確認する必要がある理由を説明せよ。

解答・解説

1.
純物質 X は **候補 A** と判断できる。
X の融点約 0 °C と沸点約 100 °C の両方が、候補 A の資料と一致するからである。
候補 B、C は少なくとも一方の値が X と一致しない。

©ミライコーチング

2.
融点や沸点は圧力条件によって値が変わることがあるためである。
異なる圧力で得られた値をそのまま比較すると、同じ物質でも値が一致しない場合がある。したがって、物質の識別に利用するときは、同じ圧力条件の資料どうしを比較する必要がある。

例題 3

問題

未知の固体 Y について、同じ条件で次の資料が与えられている。

候補	密度（$\mathrm{g\,cm^{-3}}$）	固体の電気伝導性	融点
P	2.7	よく通す	約 660 °C
Q	2.7	ほとんど通さない	約 800 °C
R	7.9	よく通す	約 1500 °C

Y の密度は設問用の測定値として $2.7\,\mathrm{g\,cm^{-3}}$ であり、固体の状態で電気をよく通した。
1. 密度だけを使ったとき、候補はどこまで絞れるか。
2. 電気伝導性も使うと Y をどの候補と判断できるか。

解答・解説

1.
密度が $2.7\,\mathrm{g\,cm^{-3}}$ であるため、候補は **P と Q** の二つまで絞れる。
P と Q はどちらも同じ密度なので、密度だけでは一つに決められない。
2.
Y は固体の状態で電気をよく通すので、**候補 P** と判断できる。
P は固体で電気をよく通すが、Q はほとんど通さない。密度では残った二候補に対して、違いが現れる電気伝導性を比較することで一つに絞れる。

演習

演習 1

ある固体試料 A について、質量が 24.0 g、体積が $3.00\,\mathrm{cm^3}$ であるという設問用の値が与えられた。
1. 試料 A の密度を求めよ。
2. 質量 48.0 g、体積 $6.00\,\mathrm{cm^3}$ の別の試料 B が、A と同じ純物質である可能性があるか、密度に注目して説明せよ。

演習 2

同じ条件で二つの固体試料 C、D を比較したところ、C は質量 18.0 g、体積 $2.00\,\mathrm{cm^3}$、D は質量 27.0 g、体積 $9.00\,\mathrm{cm^3}$ であった。
1. C と D の密度をそれぞれ求めよ。
2.「D の方が質量が大きいので、D の方が密度も大きい」という判断が適切か説明せよ。

©ミライコーチング

演習 3

約 1 気圧で、純物質 E の融点が約 25 °C、沸点が約 180 °C であるという資料が与えられた。候補 X は融点約 25 °C・沸点約 180 °C、候補 Y は融点約 25 °C・沸点約 95 °C である。

1. 融点だけを比べた場合、E を X または Y のどちらか一つに決められるか。
2. 沸点も比べると、E をどちらの候補と判断できるか。

演習 4

次の観察資料を用いて答えよ。

試料	状態・条件	電気伝導性
P	金属の固体	よく通す
Q	黒鉛の固体	通す
R	食塩の固体	ほとんど通さない
S	食塩水	通す

1.「非金属の固体はすべて電気を通さない」という説明が適切か、資料を根拠に答えよ。
2. 食塩について、固体と水溶液で電気伝導性が同じだといえるか答えよ。

演習 5

未知の純物質 F について、同じ条件で密度が $5.0\,\mathrm{g\,cm^{-3}}$ であるという設問用の値が得られた。候補 A と B はいずれも密度が $5.0\,\mathrm{g\,cm^{-3}}$ であるが、A は固体で電気をよく通し、B は固体ではほとんど電気を通さない。

1. 密度だけで F を A または B のどちらか一つに決められるか。
2. 次に調べる性質として電気伝導性が有効である理由を説明せよ。

演習 6

未知の純物質 G について、同じ条件で次の資料が与えられた。

候補	密度（$\mathrm{g\,cm^{-3}}$）	融点	固体の電気伝導性
K	4.0	約 300 °C	よく通す
L	4.0	約 500 °C	よく通す
M	7.0	約 500 °C	ほとんど通さない

G の密度は設問用の測定値として $4.0\,\mathrm{g\,cm^{-3}}$ であり、固体で電気をよく通す。

1. この二つの性質を使った段階で残る候補をすべて答えよ。
2. G を一つに識別するため、次に融点を調べることが有効である理由を説明せよ。

©ミライコーチング

演習問題の解答・解説

解答 1

1.

密度は質量を体積で割るため、$\frac{24.0\,\mathrm{g}}{3.00\,\mathrm{cm^3}} = 8.00\,\mathrm{g\,cm^{-3}}$ である。
したがって、試料 A の密度は $8.00\,\mathrm{g\,cm^{-3}}$ である。

2.

試料 B の密度は $\frac{48.0\,\mathrm{g}}{6.00\,\mathrm{cm^3}} = 8.00\,\mathrm{g\,cm^{-3}}$ であり、A と一致する。
同じ温度・同じ圧力・同じ状態であれば、A と B が同じ純物質である可能性はある。ただし、密度が一致したことだけで必ず同一物質だと断定できるとは限らない。

解答 2

1.

C の密度は $\frac{18.0\,\mathrm{g}}{2.00\,\mathrm{cm^3}} = 9.00\,\mathrm{g\,cm^{-3}}$ である。
D の密度は $\frac{27.0\,\mathrm{g}}{9.00\,\mathrm{cm^3}} = 3.00\,\mathrm{g\,cm^{-3}}$ である。

2.

その判断は適切ではない。
D は C より質量が大きいが、体積も大きい。密度は質量そのものではなく単位体積当たりの質量なので、この場合は C の方が密度が大きい。

解答 3

1.

融点だけでは一つに決められない。
X と Y はいずれも融点が約 25 °C なので、両方が候補として残る。

2.

E は **候補 X** と判断できる。
E の沸点は約 180 °C であり、候補 X と一致する。候補 Y の沸点約 95 °C とは異なるため、沸点を追加して比較すると候補を一つに絞れる。

解答 4

1.

適切ではない。
黒鉛は非金属であるが、資料では固体の状態で電気を通している。したがって、「非金属はすべて電気を通さない」と一般化することはできない。

2.

同じだとはいえない。
資料では、食塩の固体はほとんど電気を通さない一方、食塩水は電気を通す。したがって、電気伝導性を比較するときは固体か水溶液かという条件を区別する必要がある。

©ミライコーチング

解答 5

1.

密度だけでは一つに決められない。
候補 A と B はどちらも密度が $5.0\,\mathrm{g\,cm^{-3}}$ なので、密度を比べても二つの候補が残る。

2.

A と B では固体の電気伝導性が異なるためである。
F の固体での電気伝導性を候補と同じ条件で比較すれば、A と B のどちらに一致するかを判断できる。候補が残ったときは、候補間で違いが出る性質を選ぶことが重要である。

解答 6

1.

残る候補は **K と L** である。
密度 $4.0\,\mathrm{g\,cm^{-3}}$ に一致するのは K と L であり、どちらも固体で電気をよく通すため、この二つの性質だけでは両者を区別できない。M は密度も電気伝導性も G と一致しない。

2.

K と L では融点が異なるためである。
K の融点は約 300 °C、L の融点は約 500 °C なので、同じ圧力条件で G の融点を比較すれば、残った二候補のどちらに一致するかを判断できる。

©ミライコーチング