

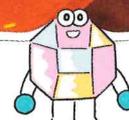
物質の姿と状態変化



スタート動画

第4章

単元2



Before & After

学習前に書こう

物質の状態が変わるとき、
どのようなことが
起こっているだろうか。



ワークシート

高温でとがした鉄

水を加熱すると
どのような変化が
起こるかな。



1

物質の状態変化



図1

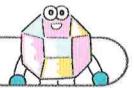
冬の川霧 (長野県北安曇郡)

問題発見

レッツ スタート!

水は、**図1**の中のどこにあり、どのような姿をしているか考えてみよう。

理科の見方・考え方



水が存在する場所と水の姿を関係づけて考えよう。

自然や身のまわりに目を向けると、水^{★1}は至るところに存在している。空からは雨や雪が降り、川や海などに流れこむ。周囲の空気中には、水蒸気がふくまれる。家の中では、水道のじゃ口から出てくる水や、湯をわかしているやかんの口から出る水蒸気などがある。水は、同じ物質でありながら、温度によって氷や水蒸気に姿を変えている。

私たちの身のまわりにある酸素や鉄などの物質は、固体、液体、気体のいずれかの姿で存在している。これらの物質も、水のように温度によってその姿を変えるだろうか。

★1 これまでに学んだこと

5

水の姿 → 小4

- 水は、固体(氷)、液体(水)、気体(水蒸気)と、その姿を変える。



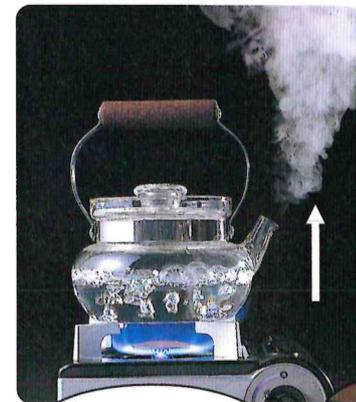
10



身のまわりの物質も水のように姿を変えるだろうか。

説明しよう

水以外の物質が姿を変えるようすについて、例をあげて説明しよう。



15

上の写真の矢印で示した湯気は水かな。それに、やかんの中の泡は空気かな。



● 状態変化

水と同じように、ほかの物質も温度によってその姿が変わる。

図2のように、ロウを冷やしたり、熱したりすると固体や液体に姿が変化する。この固体や液体、気体を、その物質の状態という。85ページの実験3では、食塩を熱してもパチパチとはねるだけで、状態は変化しなかった。しかし、図3のように、食塩や鉄なども、熱して高温にすると液体になり、さらに熱すると気体に状態が変化する。また、酸素や窒素などの気体は、温度を下げると、気体→液体→固体と状態が変化する。



図2

食品サンプル

一度熱して液体にしたロウを、水で冷やしながらかつて形づくる方法がある。



図3

液体になった物質

物質は、熱せられたり冷やされたりすると、それにともなって、

図4のように状態が、固体⇄液体⇄気体と変化する^{★2}。このように、温度によって物質の状態が変わることを物質の**状態変化**という。

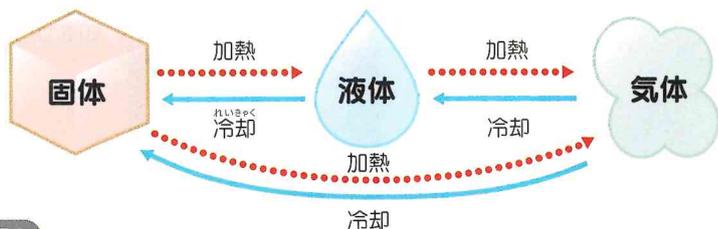


図4

物質の状態変化

★2 物質によっては、直接、固体から気体に、あるいは、気体から固体に変化する物もある。ドライアイス(二酸化炭素の固体)は、室温で放置すると、直接、固体から気体に変化する。



ドライアイス



116ページの(?)に対する自分の考えをまとめよう。(使用するキーワード → 物質、状態変化、温度)

15

2 物質の状態変化と体積・質量の変化



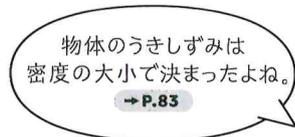
図1 液体のろうの中に固体のろうを入れたようす

固体のろうを液体のろうの中に入れると 図1 のようにしずむ。このことから、固体のろうの密度^{★1}が液体のろうの密度よりも大きいことがわかる。同じ物質であるのに、状態によって密度が異なるのは、体積や質量が変化するためではないだろうか。

これまでに、液体である水や、固体である金属をあたためると、体積が大きくなり、冷やすと体積が小さくなることを学んできた^{★2}。同じように、物質が状態変化するとき、その物質の体積や質量に変化のきまりはあるだろうか。



液体のろうの中に固体のろうを入れるとしずむのはなぜだろう。



物体のうきしずみは密度の大小で決まったよね。

→P.83



★1 これまでに学んだこと

密度 →P.80

● 単位体積あたりの質量のこと。

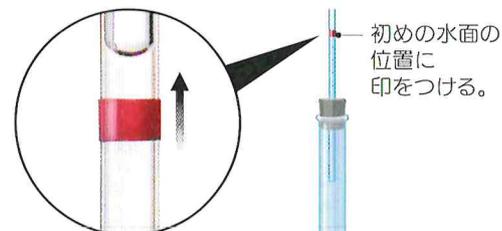
$$\text{物質の密度 [g/cm}^3\text{]} = \frac{\text{物質の質量 [g]}}{\text{物質の体積 [cm}^3\text{]}}$$

5

★2 これまでに学んだこと

温度を変えたときの水や金属の体積 →小4

● 水や金属は、あためられると体積が大きくなる。



あためると、最初の水面の位置から上に動く。



10

15

? 物質が状態変化するとき、体積や質量はどうなるだろうか。

仮説 **?** に対する自分の考えは？
 固体のろうがあためられて液体に状態変化するときや、反対に液体のろうが冷やされて固体に状態変化するとき、ろうの体積と質量はどのように変化するだろうか。これまでに学んだことをもとに考えよう。

実験 6



実験手順

ろうの状態変化と体積・質量の変化

実験の目的 液体のろうを冷やして固体にしたとき、体積や質量がどのように変化するかを調べる。

実験の方法

準備する物 □ろう □ビーカー □電子てんびん □氷 □洗面器などの容器 □アルミニウムはく
→P.246 □厚紙 □油性ペン □ガスバーナー □三脚 □金網

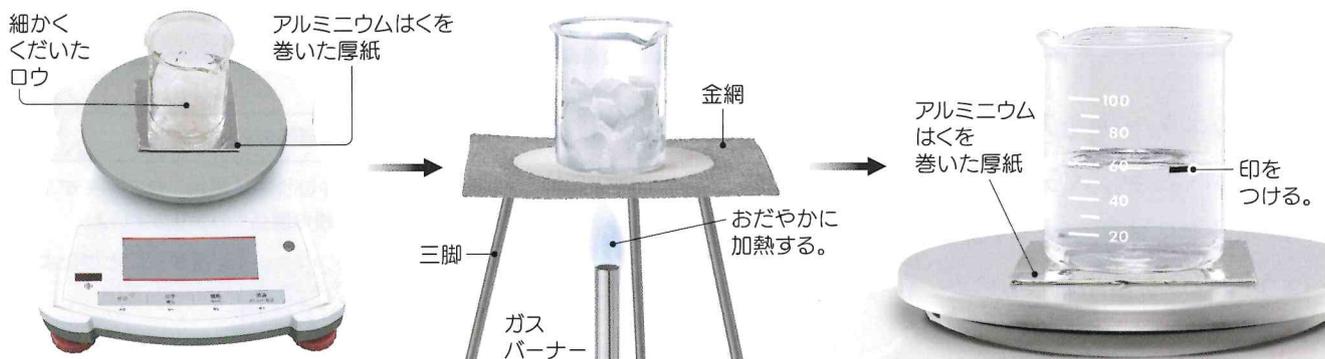
注意

●加熱したろうを持ち運ぶとき、やけどをしないように、ビーカーの上のふちを持つ。

ステップ 1

液体のろうの体積と質量を調べる

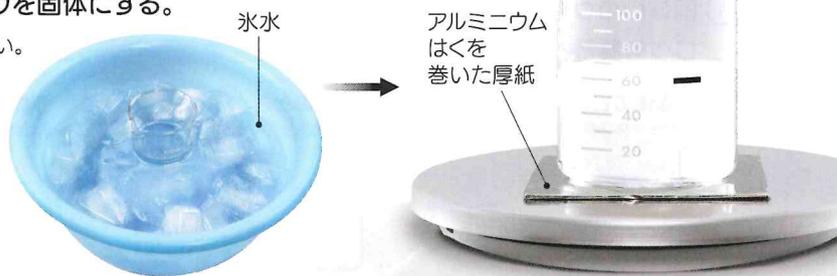
- 1 細かくくだいたろうをビーカーに入れて、ビーカーごと質量をはかる。
- 2 ①のビーカーをガスバーナーでおだやかに加熱して、ビーカーの中のろうを液体にする。
- 3 ろうが全て液体になったら、液面の高さに印をつけて、ビーカーごと質量をはかる。



ステップ 2

固体のろうの体積と質量を調べる

- 4 ③のビーカーをゆっくりと冷やし、ろうを固体にする。
④ 時間がないときは、氷水などで冷やしてもよい。
- 5 ビーカーごと固体のろうの質量をはかる。
- 6 固まったろうのようすをスケッチして、体積の変化を比べる。



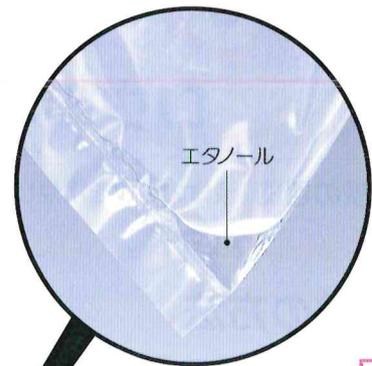
結果の見方 ● 固体のろうの体積や質量は、液体のときと比べてどのように変化したか。

考察のポイント ● ろうの体積や質量の変化は、^{りゅうし}粒子のモデルでどのように説明できるか。

実験から

ロウは、液体から固体に、あるいは固体から液体に状態変化するとき、体積は変化したが、質量は変わらなかった。

いっぽんに、物質が液体から固体に状態変化すると体積は小さくなり、固体から液体に状態変化すると体積は大きくなる。しかし、どちらの場合も質量は変化しない。



調べよう

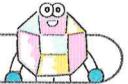
エタノールをあたためたときの体積の変化を調べよう

- ① ポリエチレンのふくろに少量のエタノールを入れて、ふくろの口を閉じる。
- ② ポリエチレンのふくろをバットに入れて、ふくろに湯をかける。
- ③ ふくろのふくらみ方やふくろの中のエタノールのようすを観察する。

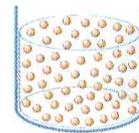


少量のエタノールを入れたポリエチレンのふくろに湯をかけると、ふくろは大きくふくらんだ。これは、液体のエタノールが気体になったときに体積が大きくなったためである。なぜ実験6や「調べよう」のような結果になるのか、^{りゅうし}粒子のモデルをもとに考えよう。

理科の見方・考え方



ロウやエタノールの状態変化を、粒子のモデルで考えると、質量や体積の関係もわかりやすいよ。



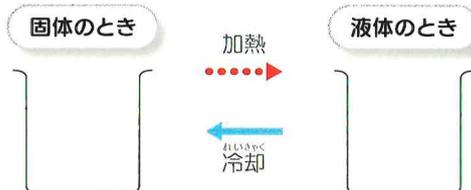
砂糖が水にとけたようすの粒子のモデル

分析解釈

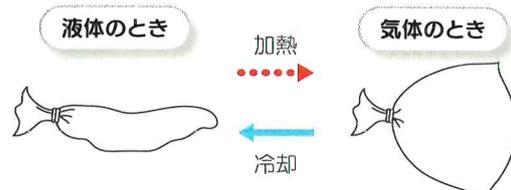
モデルを使って考察しよう

次の①、②の状態変化が起こるとき、質量と体積のようすを粒子のモデルでかこう。また、クラスや班で自分の考えを説明しよう。

- ① 固体のロウをあたためて、液体にしたときのロウの質量と体積のようす



- ② 液体のエタノールをあたためて、気体にしたときのエタノールの質量と体積のようす



質量が変わらないということは、物質の粒子の数がどうなっているかな。



体積が変わるということは、物質の粒子の広がり方がどうなっているかな。



● 固体⇌液体の変化と粒子のモデル

固体のろうに熱が加えられると、ろうの粒子の運動が激しくなり、粒子と粒子の間が広がって、体積は大きくなる。しかし、ろうが固体から液体に状態変化しても、ろうの粒子の数は変わらないので、ろうの質量は変わらない。このときの状態変化を粒子のモデルを使って表すと、**図1** のようになる。

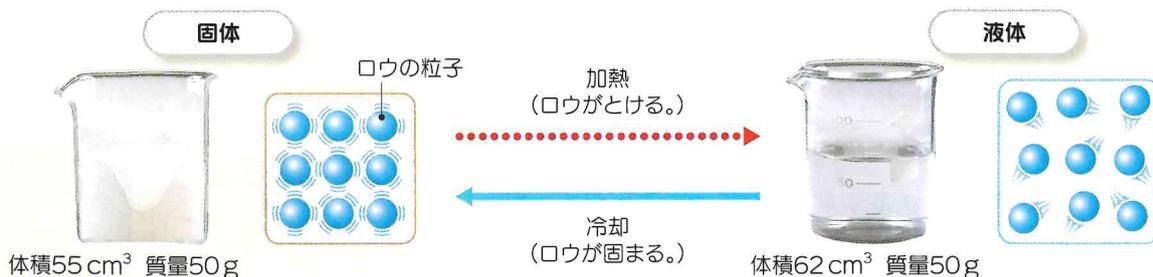


図1

ろうが状態変化 (固体⇌液体) するときの粒子の運動のモデル

● 液体⇌気体の変化と粒子のモデル

液体のエタノールに熱が加えられると、エタノールの粒子の運動は激しさを増し、粒子と粒子の間がさらに広がって、体積は飛躍的に大きくなる。そのため、**図2** のようにポリエチレンのふくろはふくらむ。しかし、エタノールが液体から気体に状態変化しても、エタノールの粒子の数は変わらないので、エタノールの質量は変わらない。

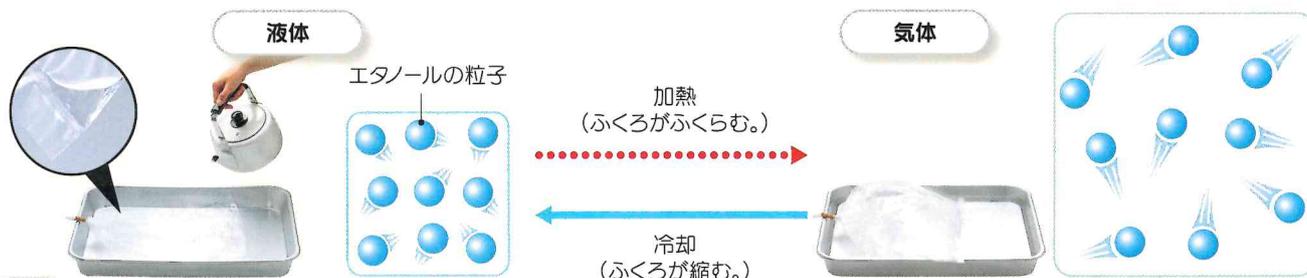


図2

エタノールが状態変化 (液体⇌気体) するときの粒子の運動のモデル

ここがポイント

粒子の集まり方と体積

- 物質の体積は、物質をつくっている粒子の集まり方によって変わる。
- 粒子が小さな集まりになっていれば、体積は小さいが、粒子と粒子の間が広がると、体積は大きくなる。



シミュレーション

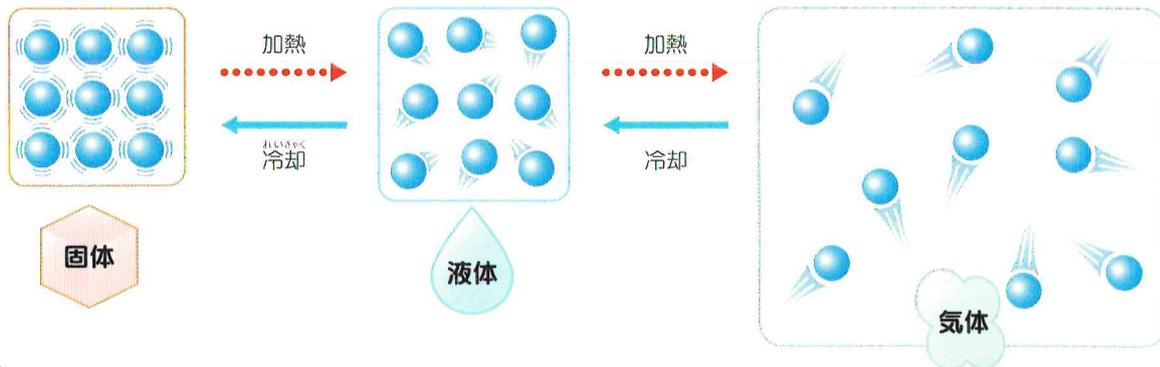


図1

状態変化 (固体⇄液体⇄気体) するときの粒子の運動のモデル

● 状態変化の粒子のモデル

状態変化を粒子のモデルで表すと、**図1** のようになる。状態変化では、物質の体積は変化するが、粒子の数そのものは変化しないので、質量は変化しない。また、状態変化によって物質が別の物質に変化したり、なくなったりすることはなく、**図2** のように、熱したり冷やしたりすることで、何回でも、もとの状態にもどすことができる。

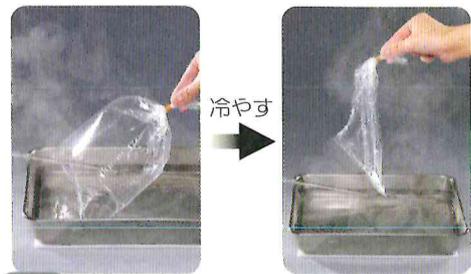


図2

気体にしたエタノールを液体にもどす

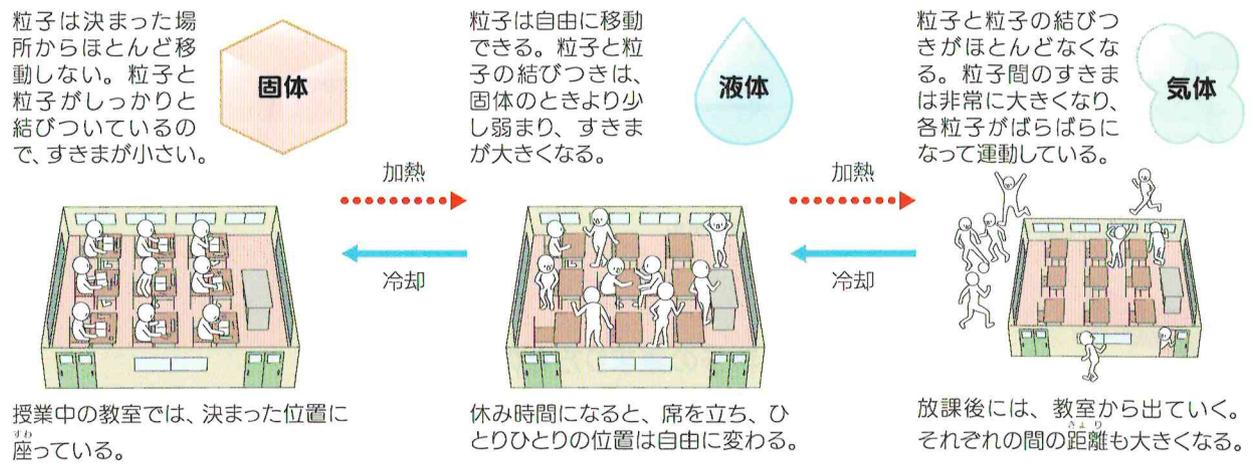
5



粒子の結びつきと温度による粒子の運動の変化

物質をつくっている粒子の集まり方や運動のようすは、温度によって異なっている。いっぽんに、温度が低いときは、粒子の運動はおだやかで体積は小さい。しかし、温度が高くなると、粒子の運動は活発になり、粒子の運動する空間が広がって、大きな体積をしめるようになる。温度の変化によって物質が状態変化するとき、物質をつくっている粒子の集まり方や運動の状態は次のようになっている。

10





118ページの(?)に対する
自分の考えをまとめよう。

(使用するキーワード → 状態変化、質量、体積)

活用

学びをいかして考えよう

冬に湖などがこおっていても、湖の中にいる生き物は生きていられる。これは、湖の表面だけがこおり、中の水は液体のままだからである。水以外の物質であれば、こおった固体がしずむため、このようにはならない。このことから、水が状態変化するとき、どのような性質をもっているか考えよう。



固体と液体の水の密度に着目しよう。

● 水の状態変化における質量と体積

図3のように、水は液体から気体になると、質量は変わらないが、体積が約1700倍にも大きくなる。液体から気体に状態変化するとき、体積が飛躍的に大きくなる性質は、水もロウやエタノールなどのほかの物質と同じである。

しかし、水の場合はロウなどとはちがい、液体から固体に状態変化するとき、体積が大きくなるという特別な性質をもっている。水をこおらせたときに氷が盛り上がるのは、このためである。氷が水にうかぶのは、水が氷になるときに、質量が変わらずに体積が大きくなり、液体のときよりも密度が小さくなるからである。

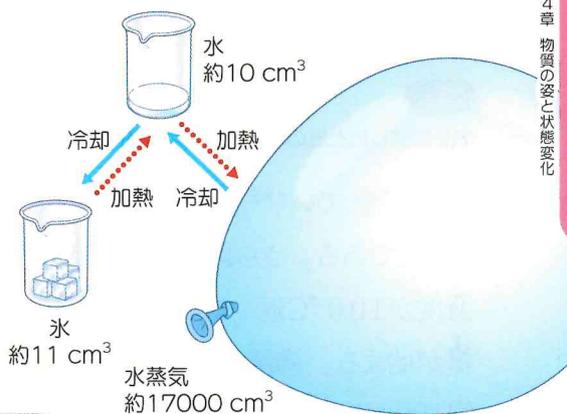


図3

同じ質量の水の状態変化と体積の変化

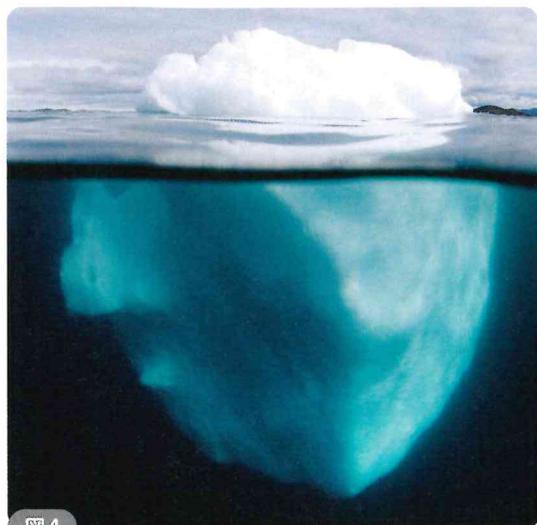
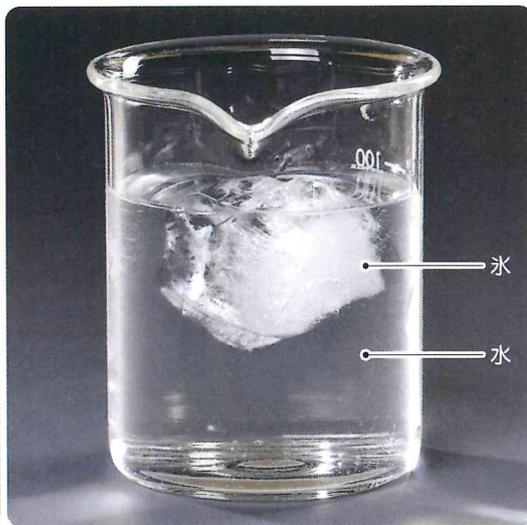


図4

北極海の冰山と水にうかぶ氷



氷
水

83ページの表1のように、氷の方が、水よりも密度が小さい。

3

状態変化が起こるときの温度とその利用

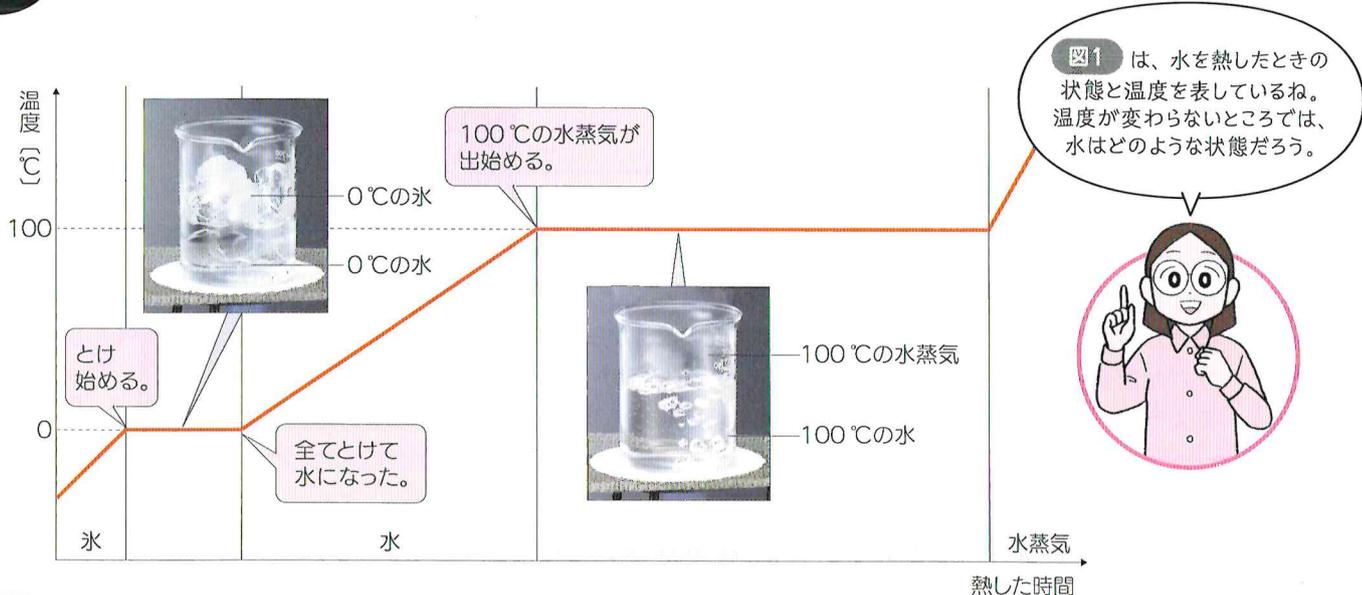


図1 水を加熱したときの状態と温度の変化

氷を熱していく★1と0°Cでとけ始め、とけ終わるまで温度は0°Cのみである。さらに熱していくと水面からの蒸発が激しくなり、温度が100°C近くで、水中からも水蒸気が出るようになって沸騰が始まる。沸騰している間は、熱し続けても温度は上がらず、約100°Cのみである。

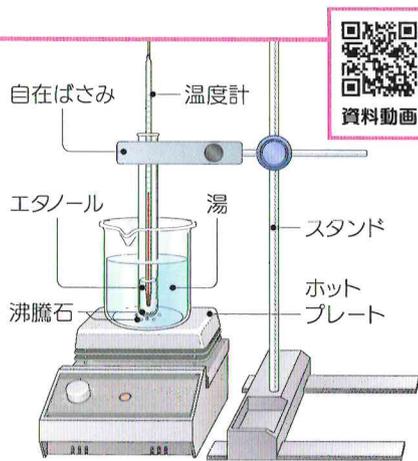
水と同じように、物質が状態変化するときの温度は、決まっているだろうか。

調べよう

水と同じように、エタノールも沸騰している間は、熱し続けても温度は上がらないだろうか。実験データからグラフをかいて調べよう。



- エタノールは燃えやすいので、直接ガスバーナーの炎で加熱しない。



エタノールの温度変化の測定

★1 これまでに学んだこと

水の性質 → 小4

- 水は、温度によって水蒸気や氷に変化する。



沸騰石の役割

沸騰石の表面には多くのあながあいている。液体が沸騰するとき、そのあなが小さい気泡をつくり、沸騰のきっかけとなることで、大きい気泡が生じる激しい沸騰(突沸)を防ぐことができる。

グラフのかき方

横軸・縦軸を作成する

① 横軸には「変化させた量」、縦軸には「変化した量」を記すように、見出しと単位を書く。

② かいたグラフが見やすくなるように、最大値を考えて目盛りをとり、単位を書く。

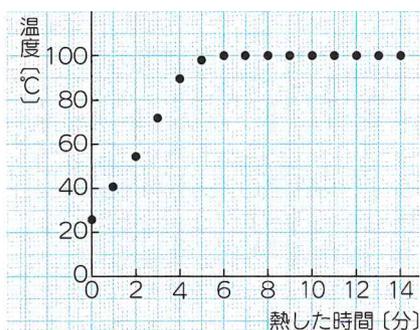
測定値を記入する

② 目盛りに合うように、測定値を●や×で正確に記入する。

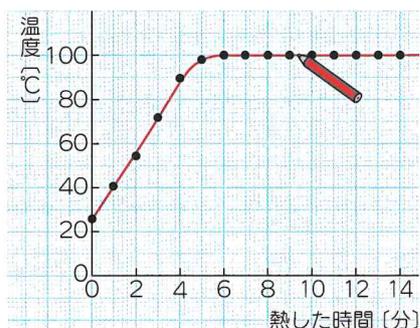
曲線、または直線を引く

③ ②でかいた測定値のなるべく近くを通るように、なめらかな曲線、または直線を引く。

④ 記入した●や×のようすから、直線なのか、曲線なのかを判断して線を引く。場合によっては、線の上にはのらない測定値があることもある。



測定値を記入すると変化のようすが見えてくるね。



さらに加熱しても温度変化しないことが予測できるよ。



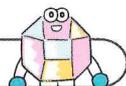
全ての点を通るように折れ線を引いた方が正確であるように見えるが、そうではない。測定値には誤差 → P.247 があり、また、自然現象はなめらかに変化することが多いので、曲線や直線を引くようにする。

ここがポイント

グラフの利点

- 2つの測定値の間の関係が、わかりやすくなる。
- 変化のようすや規則性がわかる。
- 測定していないところでも、その値を推測することができる。

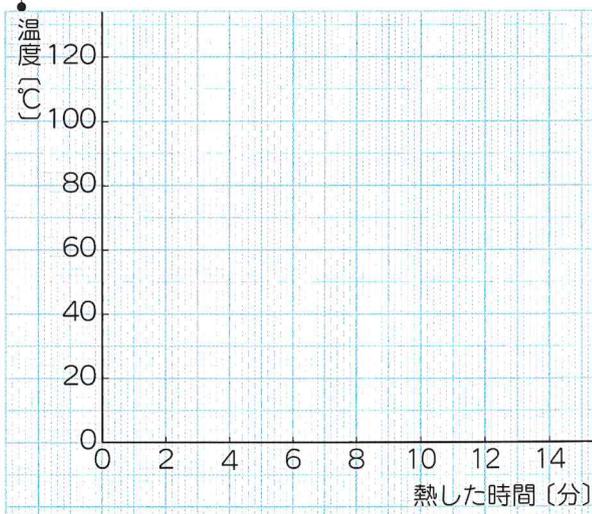
理科の見方・考え方



水とエタノールの温度変化のグラフを比較して、わかったことをまとめよう。

表1 水とエタノールの温度変化

熱した時間 [分]	水の温度 [°C]	エタノールの温度 [°C]	熱した時間 [分]	水の温度 [°C]	エタノールの温度 [°C]
0	24.1	24.1	8	84.8	77.8
1	32.3	30.6	9	90.8	77.9
2	38.1	38.1	10	96.3	78.0
3	45.9	45.7	11	99.9	78.0
4	54.2	53.5	12	100.0	78.0
5	62.9	61.1	13	100.0	78.1
6	70.0	69.1	14	100.0	78.1
7	79.2	76.8			



エタノールは、加熱して温度が78℃付近になると、^{ふっとう}沸騰を始め、沸騰し続けている間は、温度は一定になる(図1)。

● 沸点と融点

液体を熱して、ある温度になると沸騰が始まる。液体が沸騰し始めるときの温度を^{ふいてん}沸点という。また、熱された固体がとけて、液体に変化するときの温度を^{ゆうてん}融点という(図2)。物質は融点、沸点を境として、固体⇄液体⇄気体と状態変化する。身のまわりの液体の状態にある物質は、その物質の融点と沸点の間の温度内にあるので、液体の状態を保っている。

表1のように、^{じゆんすい}純粋な物質の沸点や融点は、物質の種類によって決まっている。そのため、沸点や融点は、物質を区別するときの手がかりとなる。

それでは、この手がかりを利用して混合物から純粋な物質をとり出すことはできないだろうか。

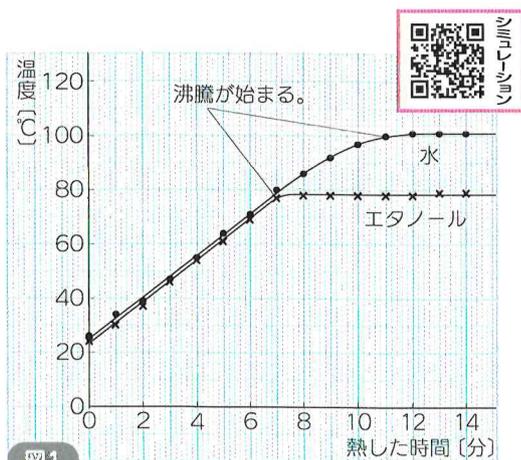


図1 水とエタノールの温度変化の例



図2 融点の水
とけ終わるまで0℃のまま温度は変化しない。

[化学便覧 基礎編 改訂6版、化学大辞典]

表1 いろいろな物質の沸点と融点

物質	融点 [°C]	沸点 [°C]	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2600	2800
鉄	1535	2750	固体			液体							気体
銅	1083	2567	固体			液体							気体
金	1064	2807	固体			液体							気体
アルミニウム	660	2467	固体			液体							気体
塩化ナトリウム	801	1413	固体			液体							気体
物質	融点 [°C]	沸点 [°C]	-200	0	200	400							
水銀	-39	357	液体		気体								
水	0	100	液体		気体								
エタノール	-115	78	液体		気体								
酸素	-218	-183	液体		気体								
窒素	-210	-196	液体		気体								
パルミチン酸	63	360	液体		気体								
ナフタレン	81	218	液体		気体								

? 液体どうしの混合物を分けるには、どのようにすればよいだろうか。

仮説 ?に対する自分の考えは?
みりんやワインは、エタノールや水などの液体どうしが混じり合った身近な混合物である。水とエタノールの沸点のちがいを利用して、これらを分けることができるか考えよう。



図3 みりんと赤ワイン



5

10

15

20



実験の目的 混合物を加熱して、発生する気体の温度をはかり、得られた液体の性質を調べて、混合物から純粋な物質を取り出すことができるか考える。

実験の方法



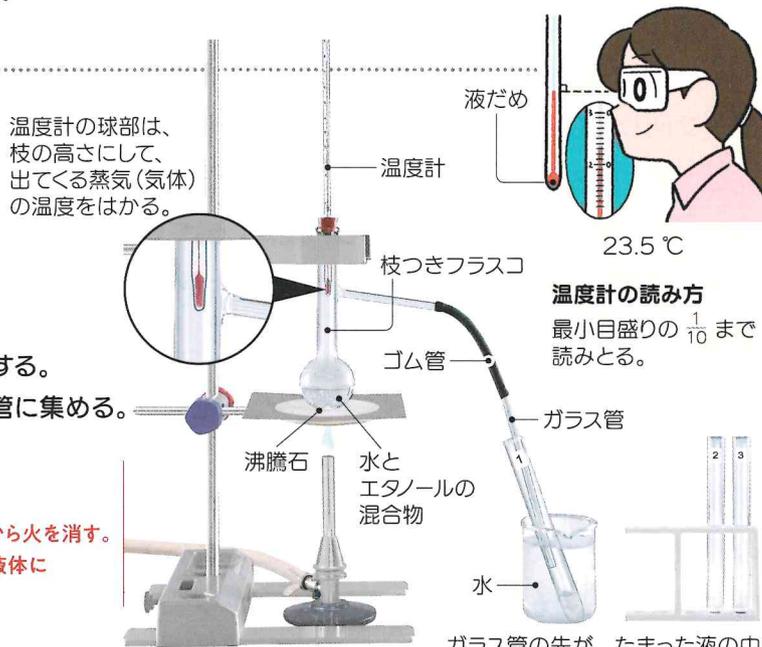
準備する物 □水 □エタノール □枝つきフラスコ □メスシリンダー □試験管 (3) □試験管立て □ピーカー □温度計
 □あなあきゴム栓 □ゴム管 □ガラス管 □沸騰石 □ガスバーナー □スタンド □支持環 □自在ばさみ □金網
 □蒸発皿 □ろ紙 □マッチ □ピンセット

ステップ 1

混合物を熱して 出てきた液体を集める

- 1 右図のような装置を組み立てて、エタノール3 cm³と水17 cm³の混合物を弱火で熱する。加熱している間、熱した時間と温度を記録する。
- 2 出てくる液体を約2 cm³ずつ、3本の試験管に集める。

- 注意**
- 試験管を入れかえるとき、ゴム管やガラス管が熱くなっているため、やけどに注意する。
 - ガラス管が液の中に入っていないことを確認してから火を消す。
 - エタノールは燃えやすいので、加熱中に出てきた液体に火を近づけない。



温度計の読み方
 最小目盛りの $\frac{1}{10}$ まで読みとる。

ガラス管の先が、たまった液の中に入らないようにする。

ステップ 2

出てきた液体を調べる

- 3 試験管にたまった液体が冷えてから、それぞれの性質を調べる。
 ① 色やにおいはどうか。 ② 液体にひたしたろ紙に火はつくか。



- 注意**
- においを調べるときには、手であおいでにおいをかぎ、長く、深く吸いこまない。
 - 液体にひたしたろ紙に火をつけるときには、やけどに注意する。

ステップ 3

温度変化をグラフに表す

- 4 記録した温度変化をグラフに表す。

結果の見方

- 実験結果のグラフから、混合物には決まった沸点が存在するといえるだろうか。
- 3本の試験管にたまった液体には、どのような性質のちがいがあったか。

まずは自分で考察しよう。わからなければ、次ページ「考察しよう」を見よう。

考察しよう

- ① 3本の試験管に集めた液体には、それぞれ何が多くふくまれているか。実験結果と126ページの表1から考えよう。
- ② 作成したグラフからわかることは何か。126ページの図1のグラフと比較しよう。



図1
とり出した液体の性質

1本目の試験管の液体に火をつけると燃えた。

実験から

水とエタノールの混合物は、沸騰し始めた温度からも温度がゆるやかに上昇し、純粋な物質のように同じ温度は続かなかった(図2)。

水とエタノールの混合物を加熱して出てきた液体は、色は無色透明で同じであったが、においはそれぞれの試験管でちがっていた。枝つきフラスコから出てきた1本目の試験管の液体は、マッチの火をつけると燃えた。しかし、後から出てきた3本目の試験管の液体は、マッチの火をつけても燃えなかった。

● 蒸留

混合物を熱したとき、図2のグラフのように、沸点は決まった温度にはならない。また、温度変化のしかたも、混合されている物質の割合によって変わってくる。エタノールの沸点は78℃、水の沸点は100℃である。そのため、水とエタノールの混合物を熱すると、水よりも沸点の低いエタノールを多くふくんだ気体が先に出てくる。液体を熱して沸騰させ、出てくる蒸気(気体)を冷やして再び液体としてとり出すことを蒸留という。

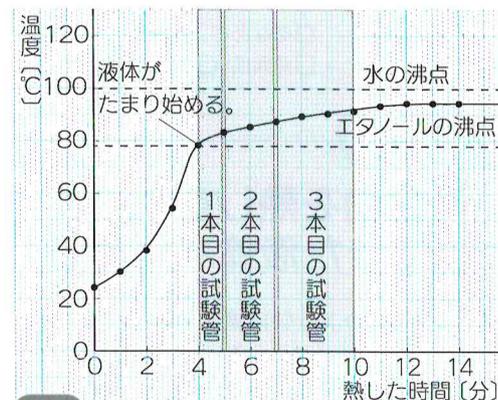


図2
水とエタノールの混合物の温度変化の例

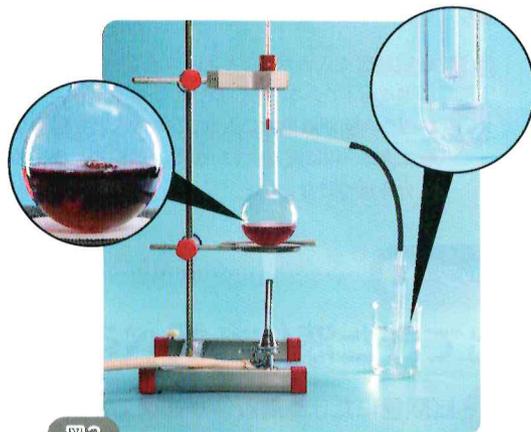


図3
赤ワイン中のエタノールの分離
赤ワインを実験7と同じように加熱すると、赤ワインにふくまれているエタノールをとり出すことができる。



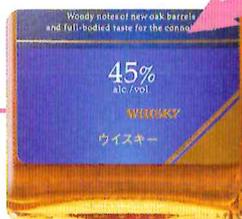
126ページの?に対する自分の考えをまとめよう。

(使用するキーワード → 沸点、純粋な物質、混合物)

活用

学びをいかして考えよう

米や果実などから酒をつくる時、自然のはたらきを利用するだけでは、エタノールの濃度は10%程度にしかならない。ウイスキーなどのエタノールの濃度の高い酒はどのようにつくられるか考えよう。



ウイスキーとエタノールの濃度を高めるかま





【まちなか科学】

蒸発と沸騰

ぬれた洗たく物を干すと、数時間後にはかわいています。また、道や庭先などに水をまくと、地面がかわくころに水をまいたまわりの温度が下がります。これらの現象には、水の液体から気体への状態変化がかかわっているのです。

このような水がかわく現象は、沸点まで温度が上がらなくても起こります。実は、洗たく物や地面の水がかわくとき、液体表面にある物質の粒子は、沸点でなくても少しずつ空気中に飛び出していきます。この現象が蒸発です。一方、沸点では、全ての液体の粒子が気体に変化しようとするため、液体表面だけでなく、液体の内部からも気体に変化します。この現象が沸騰です。

道や庭先などにまいた水が蒸発するとき、水をまいたまわりの温度が下がるのは、水が液体から気体に状態変化するときに、周囲から熱をうばうためです。 #蒸発 #沸騰

2年「雲のでき方」の学習でも使う考え方みたい!



蒸発

沸騰



蒸発と沸騰のちがい



道に水をまくようす(打ち水)
とうきず (東京都中央区)

石油の分留

地下から採くつされた石油(原油)は、いろいろな有機物が入った混合物です。原油は、沸点のちがいを利用して、いくつかの種類に分離することができます。これを分留せいりゅうとうといいます。原油を分留するのに、右図のような精留塔せいりゅうとうが使われています。精留塔には十数段のたながつられていて、それぞれのたなには、あながあいています。

加熱された原油は、あなからふき出すと冷やされて、沸点の高いアスファルトなどの有機物から液体になります。このように、上に向かってたなを通過するたびに原油は冷やされるので、精留塔の最上部の口からは、プロパンなどの沸点の低い有機物が出てきます。

#石油 #分留 #燃料になったり #原料になったり



原油



精留塔

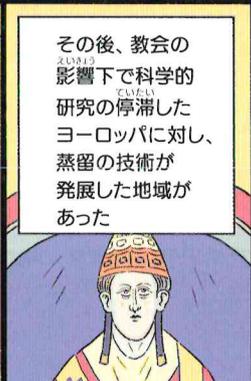
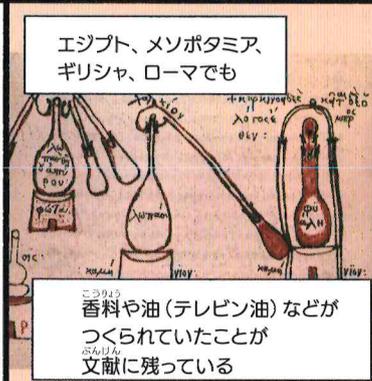
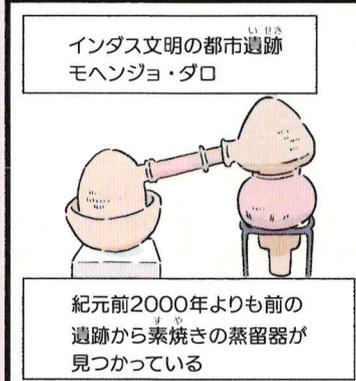
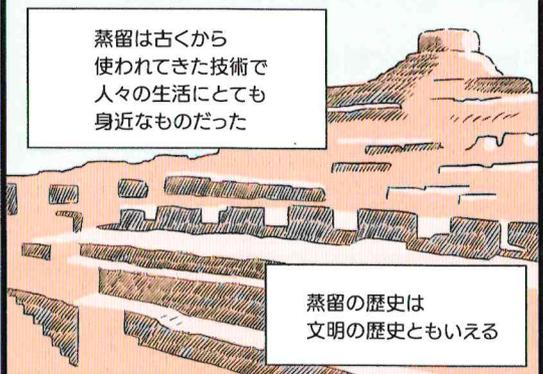
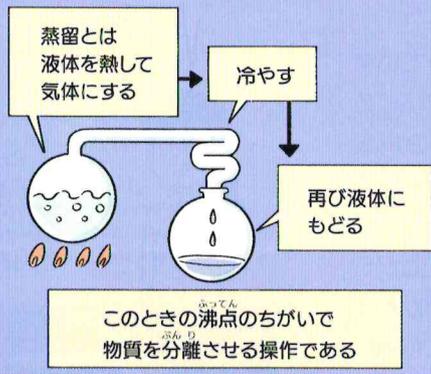


資料動画





【歴史にアクセス】





【まちなか科学】

アロマオイルのつくり方

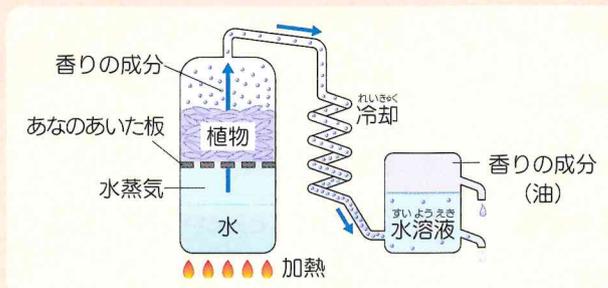
ラベンダーやバラなど、さまざまな香りが楽しめるアロマオイルは、植物の花や葉などの香りの成分を蒸留してつくり出すことができます。

右図のように、容器の下方に水を入れ、中段に花や葉などを置き、その容器を熱します。すると、熱せられて上昇してくる水蒸気とともに、植物から香りをもつ気体が出てきます。この気体は、植物にふくまれていた油で、別の容器で冷やすと、液体にもどります。液体にもどった油は、水にとけず、水よりも密度が小さいので、水にうかんで分離されます。

#アロマオイル #香りを楽しむ



アロマオイル



アロマオイルのつくり方

章末

学んだことをチェックしよう



章末問題

1 物質の状態変化 →P.117

□ 物質を加熱したり、冷却したりすると、液体が気体になったり、固体になったりする。このような変化を()という。

2 物質の状態変化と体積・質量の変化 →P.121

□ 固体のろうを加熱して、液体のろうや、気体のろうに変化させるとき、ろうの質量や体積はどのように変化するか。

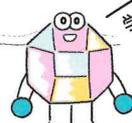
3 状態変化が起こるときの温度とその利用 →P.124、126、128

- 液体の状態の物質がある温度になると、液体の内部からも、気体への状態変化が始まる。この現象と、このときの温度を何というか。
- 塩化ナトリウムの固体を加熱したとき、801℃でとけ始めた。この温度を何というか。
- 液体の混合物を、それぞれの物質に分ける方法に蒸留がある。これは、物質によって何がちがうことを利用した方法か。

学びを生活や社会に広げよう

身のまわりの現象で、状態変化や沸点、融点などに関係することについて考え、学んだことを使って説明しよう。

自分の考えをノートに書こう



学習前と比べて自分の考えがどう変わったかな。

Before & After
学習後も書こう

物質の状態が変わるとき、どのようなことが起きているだろうか。