

# 物質どうしの 化学変化



スタート動画



Before & After  
学習前に書こう

ふくろの中では何が  
起こったろうか。  
言葉や図、モデルなどを  
使って表そう。



ワークシート



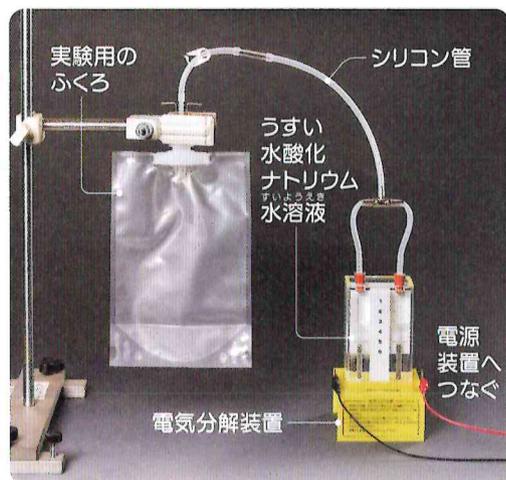
水素と酸素の混合気体に点火したときのようす

点火後のふくろのようす

# 1

## 異なる物質の結びつき

水を電気分解すると、水素と酸素に分けることができたね。反対に、水素と酸素は結びつけることができるかな。



**注意**  

- 集める気体の量は、 $10 \sim 15 \text{ cm}^3$ とする。
- 点火すると、激しい音を発して爆発するので、注意する。

❓ 電気分解装置と実験用のふくろを結ぶ管(シリコン管)の中の空気は、水素と酸素の混合気体に置きかえる。

❓ ふくろの中の空気はぬいておく。

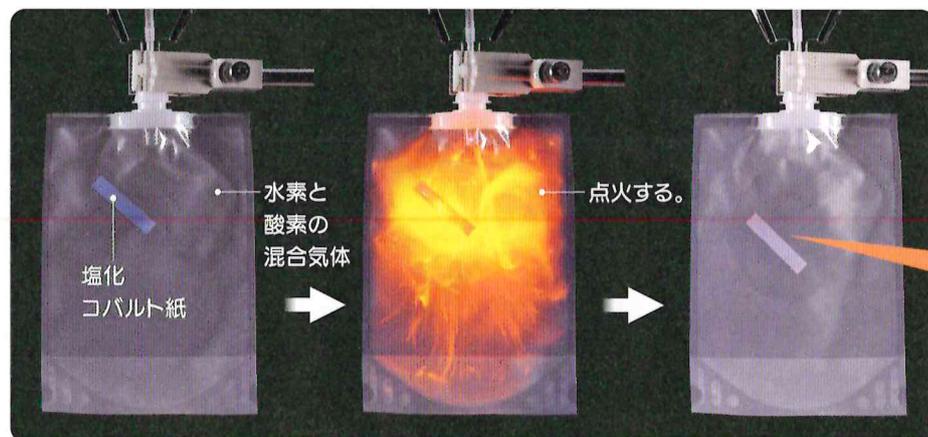
図1

### 水の電気分解で集めた混合気体に点火する

水の電気分解で発生した水素と酸素を、実験用のふくろにためる(左)。その後、集めた気体に点火装置で火をつける(右)。

水素と酸素の混合気体に塩化コバルト紙を入れて点火すると、

図2のように、塩化コバルト紙が青色から桃色<sup>もも</sup>に変化した。



**注意**  

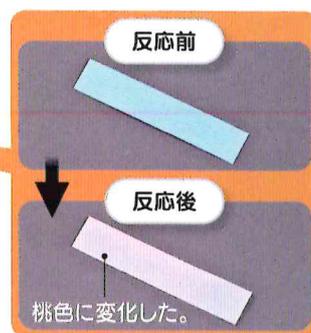


図2

### 水素と酸素の化学変化と塩化コバルト紙のようす

つまり、水素と酸素の混合気体に火をつけると、化学変化が起こって水ができたと考えられる。このことから、化学変化によって水素と酸素は水に変化し、2つの物質が結びついて1つの物質になることがわかった。



物質と物質が結びつく化学変化とは、  
どのような変化だろうか。

仮説

①に対する自分の考えは？

36ページの水素と酸素が結びつくようすを、第1章で学んだ  
粒子のモデルで表してみよう。表したモデルをもとに、  
異なる物質が結びついたとき、できた物質の性質がどうなるか  
仮説を立てよう。

理科の見方・考え方



27ページの原子の性質や30ページの分子の  
モデルをもとに、**図3**のモデルを用いて考え  
よう。

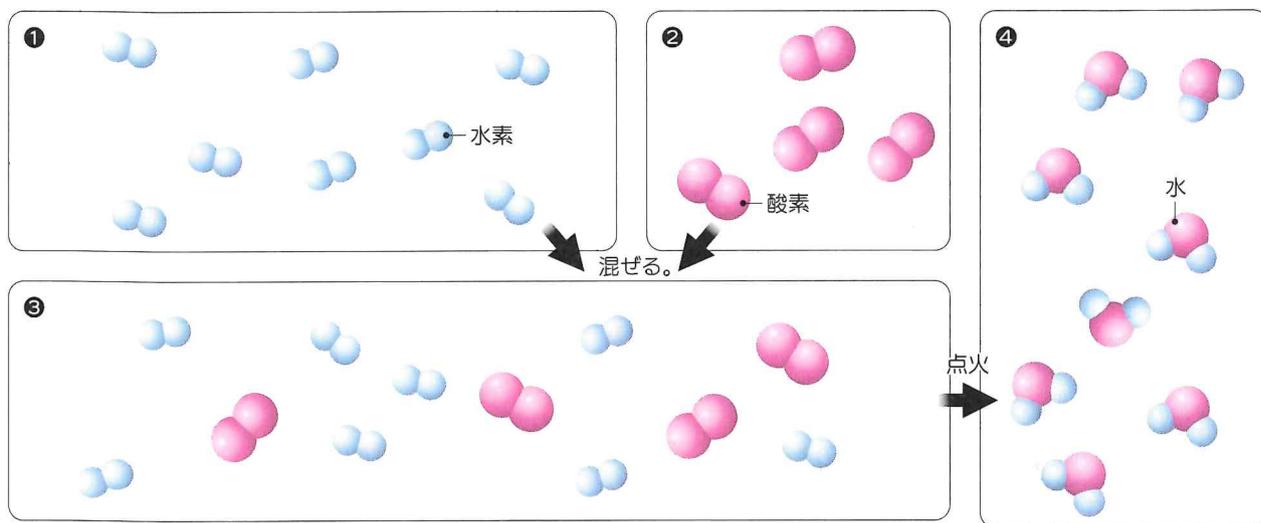


図3

水素と酸素が結びつく化学変化のモデル

また、次の鉄と硫黄いおうが結びつくとき、どのような物質ができるか考  
えよう。

仮説は、理由(根拠)を  
もとに、考えをまとめる  
ことだね。



図4

鉄と硫黄が結びつく化学変化のモデル

## 鉄と硫黄が結びつく変化



実験手順

**実験の目的** 鉄粉と硫黄の粉末の混合物を加熱したときの様子を観察し、加熱前後の物質の性質を調べて、加熱の前後でどのように変化するかを考える。

### 実験の方法

**準備する物** □鉄粉 □硫黄の粉末 □乳鉢 □乳棒 □ガスバーナー □試験管ばさみ  
 □磁石(フェライト磁石) □径(太さ)が細い試験管★<sup>1</sup>(2) □薬包紙 □薬品さじ  
 □電子てんびん □脱脂綿 □金網



**注意**  
 ●292ページの「理科室の決まり」を読んでから実験を行う。

★1 試験管ばさみでしっかりとさむことができるものを用いる。

#### ステップ 1

### 鉄粉と硫黄の粉末を混ぜ合わせる

- 鉄粉3.5 gと硫黄の粉末2.0 gを乳鉢でよく混ぜ合わせる。  
 ① 混ぜ残しがないように、じゅうぶんに時間をかけて混ぜる。
- ①を試験管 a に  $\frac{3}{4}$  程度、試験管 b に  $\frac{1}{4}$  程度入れる。



② 試験管 a に入れる分量は、試験管の底から4 cmまでを限度とする。

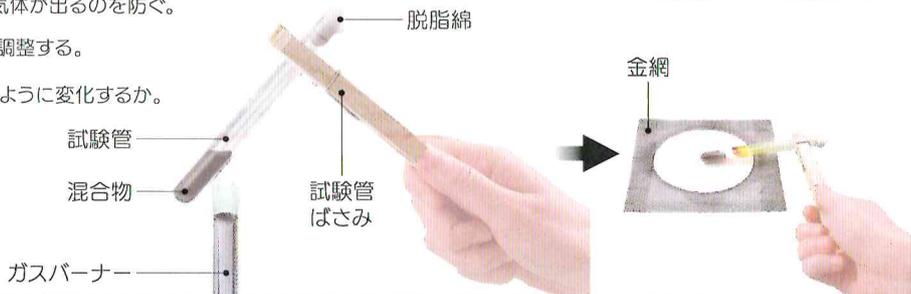
#### ステップ 2

### 混合物を加熱する

- 試験管 a の口に脱脂綿でゆるく栓をして、混合物の上部を加熱する。混合物の上部が赤くなったら加熱をやめ、ようすを観察する。  
 ① 脱脂綿で栓をすることで、発生する気体が出るのを防ぐ。  
 ② 試験管ばさみで持ち、加熱の程度を調整する。  
 ③ 赤くなった後の a の混合物は、どのように変化するか。
- 変化が終わったら、試験管を金網の上に置いて冷やす。



- 注意**
- じゅうぶんに換気する。
  - 加熱時に発生する気体を吸いこまないようにする。
  - 反応が終わるまでは、試験管から物質をとり出したり、試験管の口に顔を近づけたりしない。
  - 反応が起きたときに試験管を落とさないよう、試験管ばさみの柄を持つ。



#### ステップ 3

### 加熱する前と加熱した後の物質を調べる

- 見たようすや手でさわった感触を比べる。
- 磁石を近づける。  
 ⑤、⑥の結果を表にまとめる。  
 ① フェライト磁石などの弱い磁石を使うと、ちがいがわかりやすい。  
 ② 引き寄せられ方にちがいはあるか。



- 注意**
- じゅうぶんに冷えてから実験操作を行う。
  - 実験後、加熱した後の物質(⑥)や加熱する前の物質(⑤)は、決められた場所に集めておく。



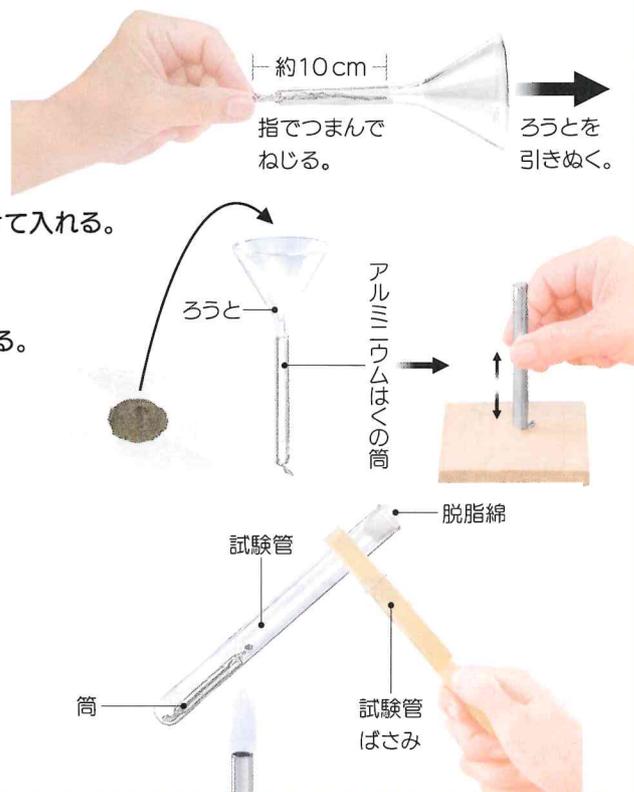
### ステップ1、2の別法

#### アルミニウムはくの筒を使って混合物を加熱する



● ステップ2と同じことに注意する。

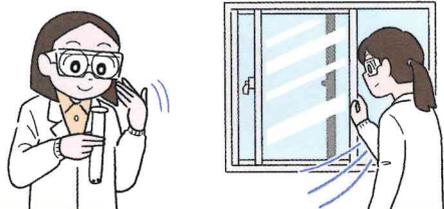
- 1 アルミニウムはくを約10 cm×6 cmに切り、ろうとの足に巻きつける。  
一端をねじって閉じてから、ろうとを引きぬく。  
これをくり返し、同じものをもう1本つくる。
- 2 鉄粉7.0 gと硫黄4.0 gの粉末を乳鉢でよく混ぜる。  
混ぜ合わせたものを、2本のアルミニウムはくの筒に分けて入れる。  
① アルミニウムはくは、鉄と硫黄が結びつく化学変化に関係しない。
- 3 筒のなかの粉末にすきまができないように、かたかつめる。  
① 筒の下部を台に軽く打ちつけながら、かたかつめる。
- 4 はしをねじって筒を閉じる。  
① 筒のはしを閉じるとき、密封する必要はない。  
② 筒のはしは、あまり長くしない。
- 5 4の筒のうち、1本を試験管に入れて脱脂綿でゆるく口を閉じ、筒の上部を加熱する。  
筒が赤くなったら加熱をやめて、ようすを観察する。



### ステップ3の別法

#### うすい塩酸(2%)を使って物質の性質を調べる

- 加熱前後の物質(a、b)それぞれの試料を小さい薬品さじに少量とり、試験管に入れる。  
うすい塩酸を2、3滴加えて、においを比べる。  
① 加える塩酸は3滴程度の少量とする。  
② 手であおぐようにして、においをかぐこと。  
③ 窓をあけて換気しながら行うこと。



- aの一部にうすい塩酸を少量加えたときに発生する気体は、独特のにおい(腐卵臭)のする有毒な気体なので、においを確認する程度にし、吸いこまないようじゅうぶんに注意する。
- 気分が悪くなったときは、先生に報告するとともに、外の新鮮な空気を吸う。
- 使い終わった塩酸や、実験後の試験管は、決められた場所に集めておく。

#### 結果の見方

- 加熱した後の物質(a)と加熱する前の物質(b)について、ステップ3の5や6の結果を比べよう。

#### 考察のポイント

- 鉄と硫黄の混合物を加熱することで、別の物質ができたといえるだろうか。みんなにわかるように自分の考えを表現しよう。



図1  
実験3の結果

**実験から** 加熱により反応が始まると、加熱をやめても熱や光が出て反応が続いた。加熱する前の混合物と加熱した後の物質では、見た目や手でさわった感触、磁石への引き寄せられ方、うすい塩酸を加えたときの反応にちがいが見られた。

● 物質どうしが結びつく化学変化

鉄と硫黄を混ぜ合わせて加熱すると、光と熱を出す激しい化学変化が起こり、硫化鉄という物質ができる。硫化鉄は、鉄でも硫黄でもない物質で、鉄原子と硫黄原子が1:1の比で結びついた物質である。



また、硫黄の蒸気の中に銅を入れると、鉄と硫黄の反応のように、光や熱を出す化学変化が起こり、硫化銅という物質ができる (図4)。

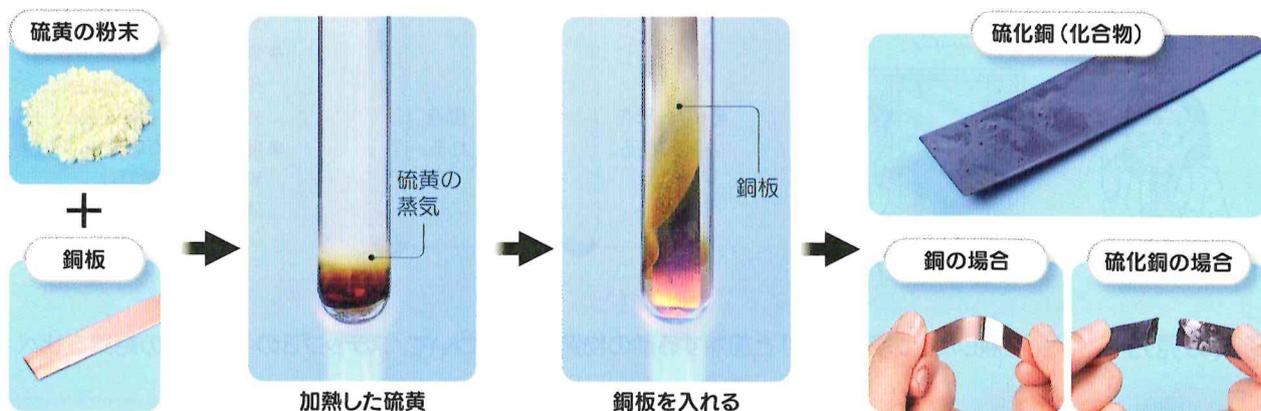


図4  
銅と硫黄の化学変化

硫黄の蒸気の中に熱した銅板や銅線を入れると、銅と硫黄が結びつく激しい化学変化が起こり、硫化銅ができる。



図2  
加熱後の物質の性質  
加熱前の方が、磁石によく引き寄せられた。

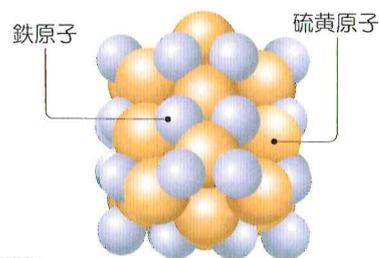


図3  
硫化鉄のモデル  
硫化鉄は、分子をつくらぬ物質で、鉄原子と硫黄原子が1:1の比で結びついてできている。

5

10

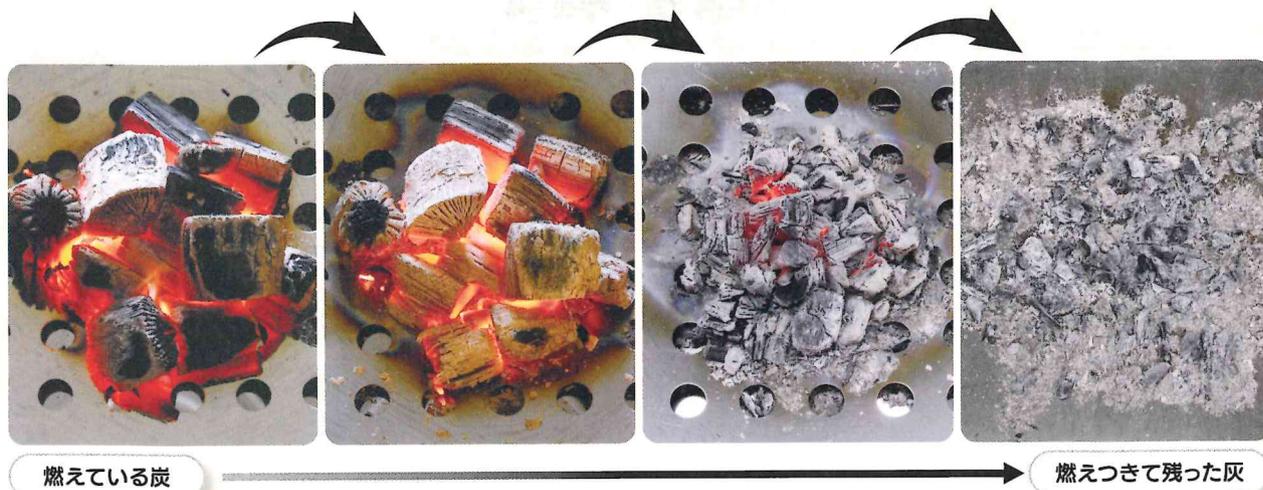


図5

燃える炭

黒い炭を燃やすと、炭は真っ赤になってゆっくりと燃える。このとき、炭の主成分である炭素が酸素と結びつき、二酸化炭素になる。

炭素を主成分とする炭を燃やすと、炭素原子と酸素分子が反応して、二酸化炭素分子ができる(図5、図6)。

炭素原子

+

酸素分子

→

二酸化炭素分子

● 化合物

2種類以上の物質が結びついてできる物質は**化合物**<sup>かごうぶつ</sup> →P.33 である。化合物は、化学変化が起こる前の物質とは異なる物質である。そのため、次の化学変化が起こるとき、できた化合物は、物質Aと物質Bの性質とは異なる性質をもつ。

物質A

+

物質B

→

化合物

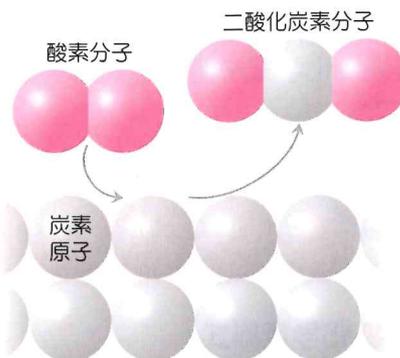


図6

炭素と酸素の化学変化のモデル



37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 → 原子、化学変化、化合物、性質)

10

活用

学びをいかして考えよう

温泉に入るときに、銀などでできたアクセサリーを外さずに入ると、黒く変色してしまうことがある。黒くなる理由を説明しよう。



# 2 化学変化を化学式で表す

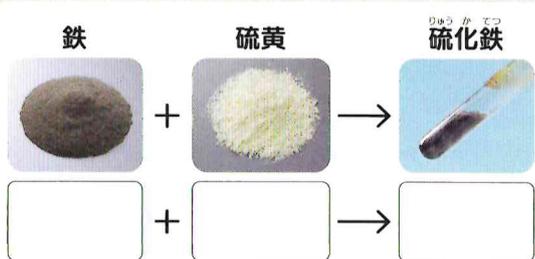


図1

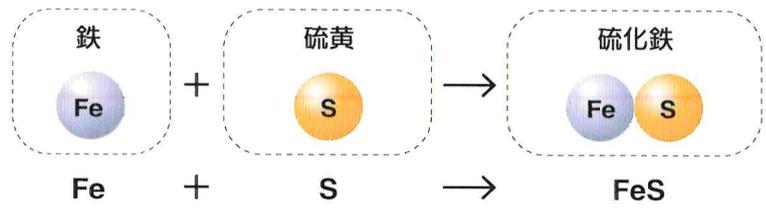
鉄と硫黄が結びつく変化を表す

31～33ページで学習したように、物質を化学式で表すと、物質をつくっている元素とそれぞれの原子の数の比がわかる。化学変化も化学式を使ってわかりやすく表すには、どうすればよいだろうか。

**?** 化学式を使って化学変化を表すには、どのような決まりがあるだろうか。

## ● 化学反応式

化学変化は、化学式を組み合わせた式で表すことができる。この式を**化学反応式**という。例えば、鉄と硫黄が結びつく化学変化は、次のような物質の粒子のモデルと化学反応式で表すことができる。



## ● 炭素と酸素が結びつく化学変化

炭素と酸素が結びつくとき、炭素原子 **C** は、酸素分子 **O<sub>2</sub>** と結びついて、二酸化炭素分子 **CO<sub>2</sub>** ができる。これを物質の粒子のモデルと化学反応式で表すと次のようになる。

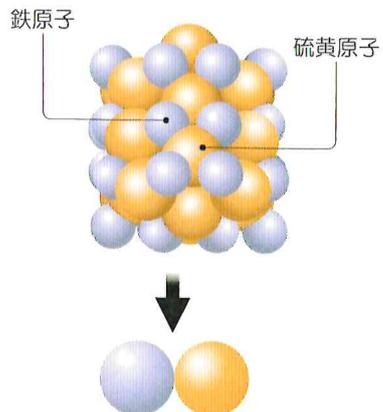
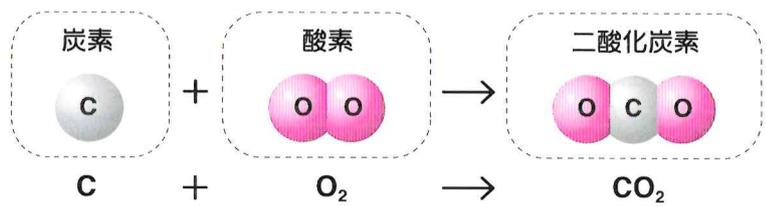


図2

硫化鉄のモデルと化学式

硫化鉄は、鉄原子と硫黄原子が1:1の比で結びついている。化学式では、1個の鉄原子**Fe**と1個の硫黄原子**S**の組を代表して**FeS**と表す。

## ここがポイント 化学式と化学反応式のちがい

化学式：物質を元素記号で表したものの。  
例：炭素……**C**  
二酸化炭素……**CO<sub>2</sub>**

化学反応式：化学式で化学変化を表したものの。化学式に「+」や「→」を加えて化学変化を表す。  
例：**C + O<sub>2</sub> → CO<sub>2</sub>**



**実習の目的** 物質の粒子のモデルを使って化学変化を表し、化学変化を化学反応式で表すときに注意することを考える。

## 実習の方法

準備する物 | □発泡ポリスチレンの球など(まるい形のシールや紙でもよい) □筆記用具 □のりなどの接着剤

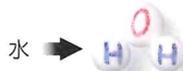
### ステップ 1

## 物質の粒子のモデルをつくる

- 1 発泡ポリスチレンの球などを使って、元素記号を用いた原子のモデルをつくる。  
① 元素記号ごとに色分けするなど、くふうするとよい。
- 2 分子をつくる物質は、のりなどを使って、原子のモデルをくっつけて、分子のモデルをつくる。
- 3 分子をつくらない物質のうち、単体は、1個の原子のモデルでつくる。化合物は、代表した原子のモデルの組をくっつけて粒子のモデルをつくる →P.32。

分子をつくる物質

分子をつくらない物質



### ステップ 2

## 化学変化を粒子のモデルで表す

- 4 鉄と硫黄が結びついて、硫化鉄ができるときの変化を、粒子のモデルで表す。
- 5 炭素と酸素が結びついて、二酸化炭素ができるときの変化を、粒子のモデルで表す。



化学変化のモデルづくり



### ステップ 3

## いろいろな化学変化を粒子のモデルで考える

- 6 水素と酸素が結びついて、水ができるときの変化を、粒子のモデルで表す。

理科の見方・考え方



27ページの「原子の性質」がなり立つようにしてモデルを考える必要があるね。



**考察のポイント** ● 操作 4～6 のモデルの作成を通して、注意することをまとめよう。

## ● 水素と酸素が結びつく化学変化

水素分子と酸素分子から水分子ができるときの化学変化を粒子りゅうしのモデルで考えながら、化学反応式をつくろう。

ここがポイント

### 化学反応式の作り方

- ① 反応前の物質名を矢印(→)の左側に、反応後の物質名を矢印(→)の右側に書き、その下にそれぞれの物質を化学式で表す。



矢印の左右でHの数は等しいが、Oの数は等しくない。



- ② 矢印(→)の左右で酸素原子Oの数を等しくするために、右側の水分子H<sub>2</sub>Oを1個ふやす。



矢印の左右でOの数は等しくなるが、Hの数は等しくない。



- ③ 矢印(→)の左右で水素原子Hの数を等しくするために、左側の水素分子H<sub>2</sub>を1個ふやす。



これで、左右の水素と酸素の原子の数が等しくなる。



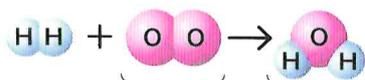
- ④ 水素分子H<sub>2</sub>が2個は2H<sub>2</sub>、水分子H<sub>2</sub>Oが2個は2H<sub>2</sub>Oと表すので、化学反応式は次のようになる。



シミュレーション



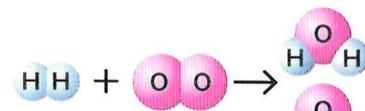
矢印(→)の左右で、酸素原子の数が合わないよ。



矢印の左側は O が2個  
矢印の右側は O が1個

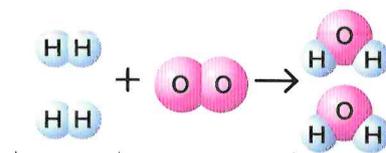


酸素原子の数は合ったけど、水素原子の数が合わないね。



矢印の左側は H が2個

矢印の右側は H が4個



矢印の左側は H が4個

矢印の右側は H が4個



これで、矢印の左右で水素原子と酸素原子の数が合ったね。

5

10

15

### ● 化学反応式からわかること

化学反応式を見ると、物質が化学変化を起こして原子の結びつき方が変わり、どのような物質に変化したかがわかる。また、反応する物質、反応してできる物質の分子や原子の数の関係もわかる。

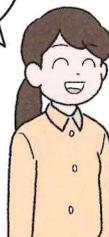
44ページの化学反応式では、水素と酸素が結びついて、水ができることがわかるだけでなく、水素分子2個と酸素分子1個が反応して、水分子2個ができることもわかる。

次の①～④の化学反応式にまちがいがあれば指摘してみよう！



- ①  $2H_2 + O_2 = 2H_2O$
- ②  $2H_2 + o_2 \rightarrow 2H_2o$
- ③  $2H^2 + O^2 \rightarrow 2H^2O$
- ④  $H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$

$2H_2$ の前の「2」と後ろの「2」は、意味がちがうんだね。



### ここがポイント

#### 化学式で表される数字



元素記号の右下の数字は結びついていてる原子の数を表す。



化学式の前の数字は係数といい、後ろの原子・分子の数を表す。係数が1のときは省略するので、係数は必ず2以上の数字になる。

### 例題

酸化銀( $Ag_2O$ )を加熱すると、銀( $Ag$ )と酸素( $O_2$ )に分解された。このときの化学変化を、化学反応式で表そう。

#### 考え方

酸化銀を矢印(→)の左側に、銀と酸素を矢印(→)の右側に書く。

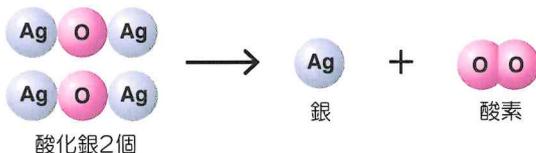


★1  $Ag\ O\ Ag$  は、 $Fe\ S$  (→P.42) と同じように結晶の構造を示すものではない。

44ページの「化学反応式の作り方」をもとに、粒子のモデルを使って考えていこう。



矢印(→)の左右で酸素原子の数を2個にそろえるために、左側に酸化銀を1個加える。



矢印の左右で、Oの数はそろったけど、Agの数がそろっていないよ。



矢印(→)の左右で銀原子の数を4個にそろえるために、右側に銀原子を3個加える。



$Ag_2O$ が2個、 $Ag$ が4個をそれぞれ $2Ag_2O$ 、 $4Ag$ と表す。



矢印の左右で、AgとOの数がそれぞれそろったね。



### 練習

水を電気分解して水素と酸素ができるときの化学変化を、化学反応式で表そう。

① 化学反応式の作りかたの原則として、反応前後で原子の数が変わらないようにする。② 化学式は、元素記号の右下に原子数を示す。③ 化学式は、元素記号の左上に価数を示す。④ 化学式は、元素記号の左上に酸化数を示す。⑤ 化学式は、元素記号の左上に電荷数を示す。⑥ 化学式は、元素記号の左上に配位数を示す。⑦ 化学式は、元素記号の左上に結合数を示す。⑧ 化学式は、元素記号の左上に配位数を示す。⑨ 化学式は、元素記号の左上に配位数を示す。⑩ 化学式は、元素記号の左上に配位数を示す。

## ● いろいろな化学反応式

水を電気分解すると、水素と酸素が発生した。この化学変化は、水素と酸素が結びついて水ができる化学変化とは逆の化学変化である。水を電気分解したときの化学反応式は次のようになる。



練習問題

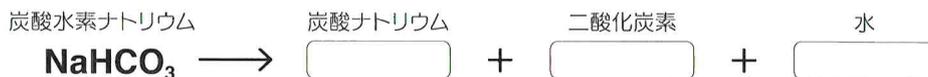
### 例題

炭酸水素ナトリウム( $\text{NaHCO}_3$ )を加熱すると、炭酸ナトリウム( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )と水と二酸化炭素に分解された。このときの化学変化を化学反応式で表そう。

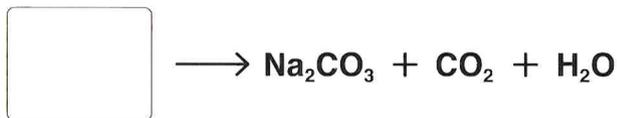
### 考え方

44ページの「化学反応式のつくり方」をもとに考えると、次のようになる。

- 1 反応前の物質名を矢印の左側に、反応後の物質名を矢印の右側に書き、それぞれの物質名の下に化学式を書く。



- 2 矢印の左右で原子の数を等しくするために、矢印の左側の物質の数をふやす。

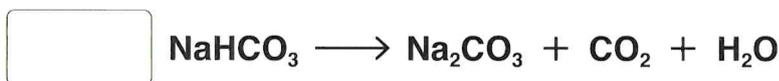


反応の前後でそれぞれの原子の数が等しくなる。

	左辺	NaHCO <sub>3</sub> が2個	右辺	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> + CO <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> O
ナトリウム原子 Na		2個		2個 (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )
水素原子 H		2個		2個 (H <sub>2</sub> O)
炭素原子 C		2個		2個 (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> に1個 CO <sub>2</sub> に1個)
酸素原子 O		6個		6個 (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> に3個 CO <sub>2</sub> に2個 H <sub>2</sub> Oに1個)

反応の前後で、元素とそれぞれの原子の数が変わらないことが  
かくだん  
確認できたね。

- 3 炭酸水素ナトリウム $\text{NaHCO}_3$ が2個あることは次のように表す。



2NaHCO<sub>3</sub> ← Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> + CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O 反応の逆



42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 → 化学式、化学反応式)



【歴史にアクセス】

### 気体反応の法則とアボガドロの法則

アボガドロの法則

1776年イタリアの裕福な役人の家に生まれたアボガドロは、大学卒業後弁護士として法律事務所を開く

私が進みたかったのはこちらの道だ!

……が、数年後に数学と物理に興味をもち、独学で学びはじめる

1803年、イギリスのジョン・ドルトンが

物質はとても細かい粒 (=原子) でできている!

酸素 水素

という説(原子説)を発表した

ほほ〜!!

続いて1808年、フランスのジョセフ・ルイ・ゲーリュサックは

気体どうしを反応させると、反応する気体と生成する気体の体積の比は簡単な整数の比になる!

水素 2 + 酸素 1 → 水蒸気 2

という「気体反応の法則」を発見した

おお〜!

うーん、しかしそれでは……

NOTIZIE DI CHIMIA

ドルトン氏の原子説と矛盾してしまう……

<ゲーリュサックの主張>

同じ体積に同じ数の原子があるなら、こうなる!

水素 2 + 酸素 1 → 水蒸気 2

<ドルトンの主張>

原子は絶対に割れない!

ちがうんだ!!

原子が集まって分子が存在することに気づいたアボガドロ

気体の物質は原子がくっついたかたまり「分子」として存在しているんだ!

水素 2 + 酸素 1 → 水蒸気 2

そう考えればゲーリュサック氏の考え方でも矛盾しない!!

そして、同圧力 → P.173 同温度、同体積の気体には全て同じ数の分子が存在する!

1811年、「アボガドロの法則」とよばれる説を発表

しかし……

誰? 知らない人…

同じ原子同士がくっつく? ナイ!

当時のアボガドロは国外では全く無名だったため、学会で相手にされなかった

時は流れ……50年後

同じイタリアのカニッツァーロに紹介されアボガドロの考えは世に広まった

Avogadro

メンデレーエフ

その4年前にアボガドロはなくなっていたが、敬意を表して物質の数を表す定数にはアボガドロの名前が使われている



【なるほどね!】

## ダイヤモンドが燃える?

炭素は、燃えると酸素と結びついて、二酸化炭素になります。かたくて無色透明なダイヤモンドも炭素でできているので、燃えると二酸化炭素になります。

写真のように、熱に強い石英でできた細い管の中にダイヤモンドを入れて、酸素を送りながらガスバーナーでしばらく熱すると、極めて高い温度で燃えます。いちど発火すると、熱しなくてもかがやくように燃え続け、しだいに小さくなっていき、同時に、管の先をひたした石灰水が白くにごっていきます。そして、最後には、ダイヤモンドの姿は消え、全て二酸化炭素になってしまうのです。

ダイヤモンドと同じく、炭素からできている物質に黒鉛(グラファイト)があります。黒鉛は、自然界では石墨とよばれ、鉛筆のしんなどにも利用されています。ダイヤモンドと黒鉛は、見た目も性質も異なりますが、同じ炭素から



できているため、ダイヤモンドと同じように、酸素がある中で黒鉛を熱すると燃えます。そのときの温度は、ダイヤモンドより低くなります。

## 章末

### 学んだことをチェックしよう



章末問題

#### 1 異なる物質の結びつき →P.41

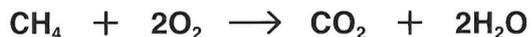
2種類以上の物質が結びついてできる物質を ( ) という。

#### 2 化学変化を化学式で表す →P.42

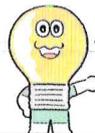
化学式を組み合わせる化学変化を表した式を ( ) という。

### 学びを生活や社会に広げよう

ガスコンロで都市ガス(主成分はメタン $\text{CH}_4$ )を燃やす現象は、次のような化学反応式で表すことができる。この化学変化からわかることを考えよう。



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

35ページのふくろの中では何が起こっただろうか。言葉や図、モデルなどを使って表そう。