

第 2 編 物質と化学反応式

第 1 章 物質と化学反応式

1 原子量・分子量・式量

A 相対質量

原子 1 個の質量は「〇〇 g」と表さず、 ^{12}C 原子と比べて大きい小さいか表す。

原子 1 個の質量は 1×10^{-23} g (0.000 000 000 000 000 000 001 g) ほどなので、

「〇〇 g」という量を使って実験すると扱いにくい。そこで

「 **^{12}C 原子 1 個の質量を 12 とする** 」1 個の質量を 12 として

他の原子の質量を決めている。

何かを基準として、それと比較して考える例

2 国間での物価を比較する場合、あるものを基準にして比べる。例えばビール 1 本の値段を挙げてみる。ドイツではビールが安いと言われる。どれだけ安いのだろうか。

ドイツ



0.5 L Löwenbräu 1.03 ユーロ

日本



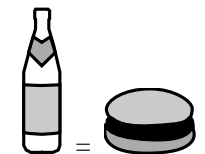
0.5 L スーパードライ 263 円

2015 年 9 月末のレート (1 ユーロが 134 円) で換算すればドイツのビール

Löwenbräu 1 本は 138 円となる。しかしレートは毎日変わるので本当に安いかどうかはわからない。そこでレートに関係なく、両国でほぼ同じ価値のものを使って本当の価値を比較するのである。

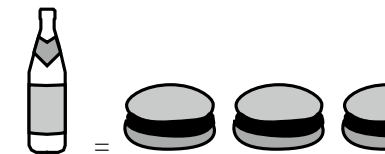
例えばマクドナルドの普通のハンバーガー 1 個の価格を基準に比較をすることが経済学ではよく行われる。ハンバーガー 1 個のコスト・価格は世界各国で大して変わらないとされている。Löwenbräu 1 本の価格はハンバーガー 1.03 個分である。一方、スーパードライは 2.63 個分である。このように考えると、ドイツの人にとっては、ビール 1 本の価格は日本人にとっての、263 円ぐらいの感覚であることがわかる。このように比較する対象を用いて他の物の価値を計ることもできる。

ドイツ



ハンバーガー 1.03 個分

日本



ハンバーガー 2.63 個分

() ^{12}C 原子 1 個の質量を 12 として計算して決められた原子の質量 (比較する基準があって初めて決まる質量)

単位は ()

() x [g] という質量 単位は () など

基準がなくとも天秤で絶対的に決まる質量

他の原子の相対質量の求め方

例 ^1H の相対質量はいくらか。 ^1H の絶対質量は 0.16375×10^{-23} g、 ^{12}C の絶対質量は 1.9926×10^{-23} g とする。

	^1H	^{12}C
相対質量		
絶対質量	g	g

求める質量を x とする。相対質量の比は

$$^1\text{H} : ^{12}\text{C} = x : 12 \quad (\text{ア})$$

絶対質量の比は

$$^1\text{H} : ^{12}\text{C} = 0.16375 \times 10^{-23} \text{ g} : 1.9926 \times 10^{-23} \text{ g} \quad (\text{イ})$$

質量の比はどちらで比べても変わらないので、(ア) と (イ) より、

$$x : 12 = 0.16375 \times 10^{-23} \text{ g} : 1.9926 \times 10^{-23} \text{ g}$$

$$x = 12 \times \frac{0.16375 \times 10^{-23}}{1.9926 \times 10^{-23}} = 1.0078 \quad \text{よって } \underline{1.0078}$$

B 原子量

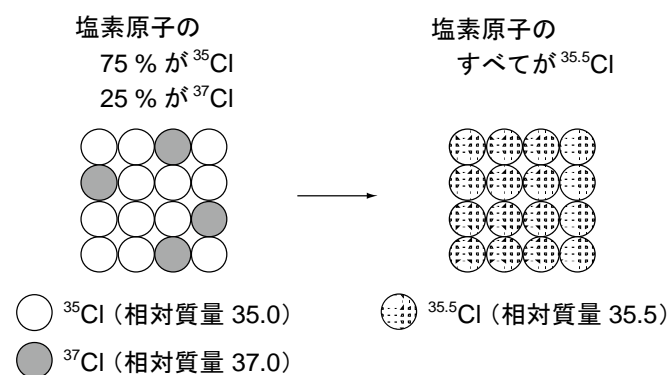
() 同位体の存在比と相対質量から決めた原子 1 個の平均の相対質量

1 塩素の原子量

同位体の存在比 () % ^{35}Cl (相対質量 35.0) ・ () % ^{37}Cl (相対質量 37.0)

塩素の原子量 =

原子量の考え方

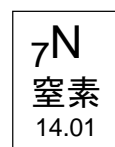


2 炭素の原子量

同位体の存在比 () % ^{12}C (相対質量 12.0) ・ () % ^{13}C (相対質量 13.0)

炭素原子の原子量 =

円周率と同様に、同位体の存在比や原子の相対質量は覚える必要はない。必ず与えられる量である。周期表には次のように元素の情報が描かれている。



これは窒素原子の原子量が 14.01 であることを表している。

C 分子量・式量

分子量 分子の相対質量がある。原子量の総和で表される。

例 水分子 H_2O の分子量

水素 H の原子量 1.0 酸素 O の原子量 16.0

水 H_2O の分子量 =

式量 イオンからなる物質・金属などの相対質量。分子量と同様に求める。

イオンの相対質量には、**原子量をそのまま用いる。**

(電子数個の質量は原子の質量の数千分の一と小さく無視できるので。)

例 塩化ナトリウム NaCl の式量

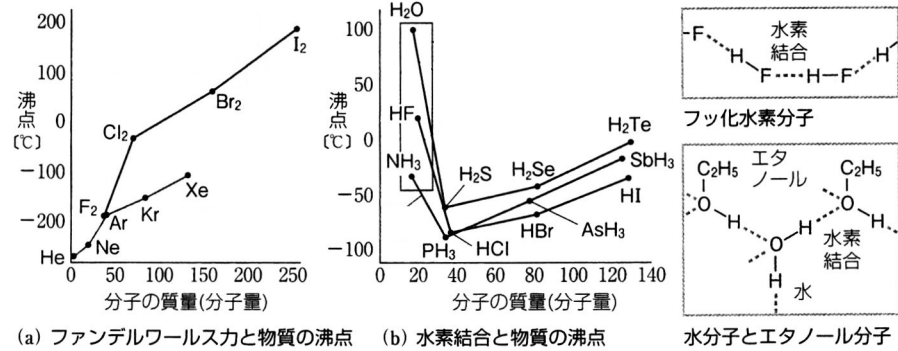
ナトリウムイオン Na^+ の相対質量 = ナトリウム Na の原子量 = ()

塩化物イオン Cl^- の相対質量 = 塩素原子 Cl の原子量 = ()

塩化ナトリウムの式量 =

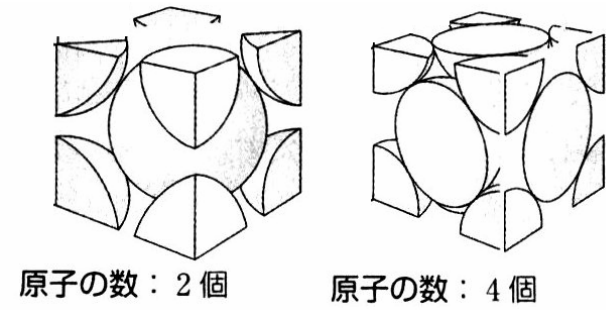
() 分子間にはたらく弱い引力の総称

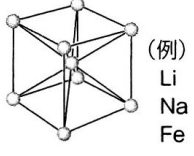
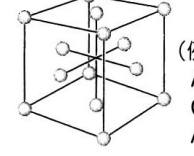
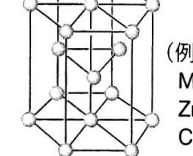
分子間力 () すべての分子間にはたらく弱い引力
分子量が大きいほど強い
極性分子間の静電的引力 極性分子どうしの間にはたらく
() 水素原子と () () () 原子の間にはたらく強い引力



金属結晶

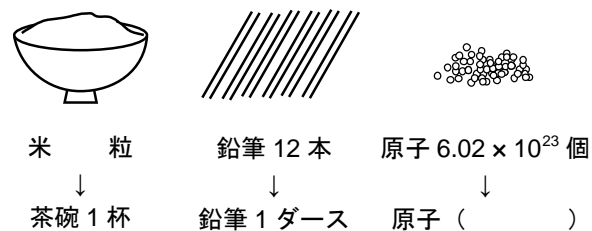
() 金属原子の作る結晶
イオン結晶と同様に、規則正しく原子が並んだ配列をとる。



単位格子 (六方最密構造 は赤の部分)	 (例) Li Na Fe	 (例) Al Cu Ag	 (例) Mg Zn Co
格子名	体心立方格子	面心立方格子	六方最密構造
含まれる粒子数	$(1/8) \times 8 + 1 = 2$	$(1/8) \times 8 + (1/2) \times 6 = 4$	6(単位格子：2)
配位数	8	12	12

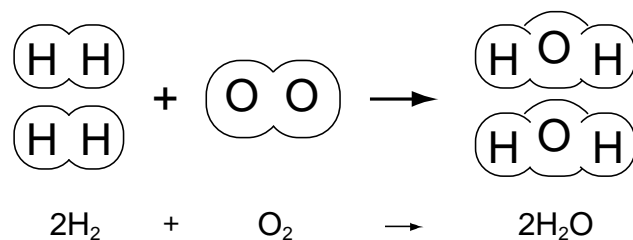
2 物質質量

A アボガドロ数と物質質量



原子・分子・イオンなどは () 個を一つのまとまりとして扱い、() と表す。(mol … molecule (名) 分子より) 1 mol、2 mol、… といった量を () という。

なぜ物質質量を使うか？



化学の実験で「反応する量」・「生成する量」を考えると

質量で考えると

「水素 4 g と酸素 32 g が反応して水 36 g ができる。」

個数で考えると

「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。」

個数で考えるほうが化学反応式の係数比が使えて単純になる。

個数をそのまま使うと 10 の二十数乗の大きさの数となりとても

扱いにくい。そこで 6.02×10^{23} 個を 1 mol というひとまとまりして考え、

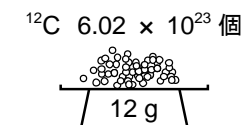
「水素分子 2 mol と酸素分子 1 mol が反応して水分子 2 mol ができる。」

として考える。

6.02×10^{23} () という。

アボガドロ (1776~1856) イタリアの物理学者)

() に含まれる原子の個数とされる。



(6.02×10^{23}) () という。

「1 mol の物質には粒が 6.02×10^{23} 個含まれている。」という意味で、アボガドロ数に単位「/mol」をつけて表したもの。化学の計算で使う。

単位の読み方

「□ / ○」という単位を見たら、

単位を「□ / ○」と読みかえて「1○ごとに□」と考える。

例 速度の表記「60 km/h」(60 km 毎時)

⇒ 「1 () ごとに 60 km (進む)」

アボガドロ定数の読み方

「 $6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$ 」と書くのが正しいが、アボガドロ定数の扱いに慣れるまでは「 $6.02 \times 10^{23} () / \text{mol}$ 」(1 mol あたり 6.02×10^{23} 個) と考える方が日本人にはわかりやすい。

欧米の言語 1 個、2 個などと数える習慣がなく個数の単位がない。

1、2 などの「数そのもの」が個数をいう。

日本語 1 個、2 個などと個数に単位がある。

物質質量 (モル) と個数の関係

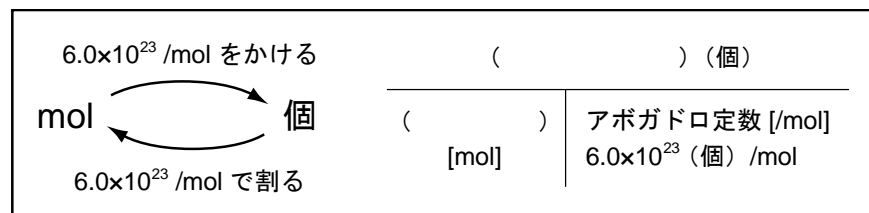
$$\text{物質質量}[\text{mol}] = \frac{\text{粒子の数}}{\text{アボガドロ定数}[\text{mol}] (6.0 \times 10^{23} / \text{mol})}$$

「mol」と「個」の換算

物質量の計算の際はアボガドロ定数を $6.0 \times 10^{23} / \text{mol}$ として計算することが多い。

「mol」→「個」とするとき 個数にアボガドロ定数をかける

「個」→「mol」とするとき 物質量 (mol) をアボガドロ定数で割る



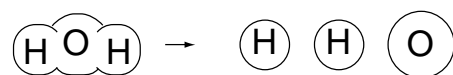
問い (96頁) アボガドロ定数を $6.0 \times 10^{23} / \text{mol}$ として次の換算をせよ。

- (1) 炭素原子 1.8×10^{23} 個は何 mol か。
- (2) 水 3.0 mol には水素原子が何個含まれているか。
- (3) 二酸化炭素 0.75 mol は何個か。また、酸素原子は何個含まれているか。

(1) 「個」→「mol」の換算

(2) 「mol」→「個」の換算

まず水 H_2O の数と水素原子 H の個数の比より、H が何 mol か考える。



水分子 H_2O 1 個は水素原子 H () 個と酸素原子 O 1 個からなる。

$\Rightarrow (\text{H}_2\text{O} \text{ の数}) : (\text{H} \text{ の数}) = () : ()$

\Rightarrow 水 3.0 mol の場合を考えているので

$(\text{H}_2\text{O} \text{ の数}) : (\text{H} \text{ の数}) = 3.0 \text{ mol} : x \text{ mol} = () : ()$

よって $x = ()$ 水素原子 H は () mol なので

水素原子は () 個

(3) 「mol」→「個」の換算

指数の計算

2^x の値を考える。

$2^3 = 2 \times 2 \times 2 = 8$ $2^2 = 2 \times 2 = 4$ $2^1 = 2$

さらに x が 0 や負の整数の場合にも拡張すると

$2^0 = 1$ $2^{-1} = \frac{1}{2} = \frac{1}{2^1}$ $2^{-2} = \frac{1}{4} = \frac{1}{2^2}$ $2^{-3} = \frac{1}{8} = \frac{1}{2^3}$

となる。数学では x の部分を整数以外に複素数にも拡張するが、高校理科では整数か簡単な分数で使うことが多い。

指数には次の性質がある。

$a^{-x} = \frac{1}{a^x}$ $a^x \times a^y = a^{x+y}$ $\frac{a^x}{a^y} = a^{x-y}$

自然科学では何かの量を (1以上10未満の数) $\times 10^x$ の形で表す。

練習 次の計算をせよ。

(1) $10^{-5} \times 10^4$	(2) $10^2 \div 10^{-4}$
(3) $2 \times 10^{-4} + 3 \times 10^{-4}$	(4) $1.2 \times 10^{24} \div (6.0 \times 10^{23})$
(5) $6.0 \times 10^{23} + 5.0 \times 10^{22}$	(6) $3.0 \times 10^{22} + 6.0 \times 10^{23}$

B 物質量と質量

^{12}C 原子 (相対質量 12) が 6.0×10^{23} 個あると 12 g

⇒ ^{10}Ne 原子 (相対質量 20) が 6.0×10^{23} 個あると

$$12 \times \text{---} = \text{---} \text{ g}$$

このように、原子量・分子量・式量とは物質が

1 mol (6.0×10^{23} 個) あるときに () を表している。

原子量・分子量・式量の数値に単位「g/mol」() を

つけたものを () といい、計算の際に用いる。

モル質量の例

水 (分子量 18) なら () 1 mol で () g

炭素 (原子量 12) なら () 1 mol で () g

二酸化炭素 (分子量 44) なら () 1 mol で () g

「g/mol」の意味 「 」につき～g

物質量 (モル) と質量の関係

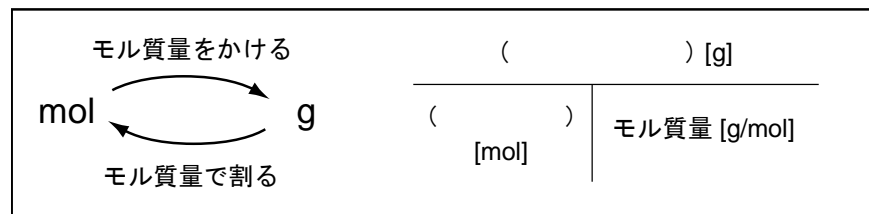
$$\text{物質量}[\text{mol}] = \frac{\text{粒子の質量}[\text{g}]}{\text{モル質量}[\text{g/mol}]}$$

「mol」と「g (質量)」の換算

「mol」→「g」とするとき 物質量とモル質量をかける

「g」→「mol」とするとき g をモル質量で割る

モル質量 物質ごとに違う。() を用いて計算で求める。



問い (97 頁) 次の換算をせよ。原子量には次の値を用いよ。

$$\text{H} = 1.0 \quad \text{C} = 12 \quad \text{N} = 14 \quad \text{O} = 16 \quad \text{Mg} = 24$$

- (1) 黒鉛 0.40 mol は何 g か。
- (2) マグネシウム 19.2 g は何 mol か。
- (3) アンモニア 0.50 mol は何 g か。
- (4) 酸素 24 g は何 mol か。

(1) 「mol」→「g」の換算

黒鉛 (炭素) の原子量は ()

よってモル質量は () g/mol

(2) 「g」→「mol」の換算

マグネシウムの原子量は ()

よってモル質量は () g/mol

(3) 「mol」→「g」の換算

アンモニアの分子量は ()

よってモル質量は () g/mol

(4) 「g」→「mol」の換算

単に「酸素」と書かれていたら普通は「酸素 ()」を指す。

酸素の分子量は ()

よってモル質量は () g/mol

C 物質と気体の体積

() 同じ温度・同じ圧力のもとでは、同じ体積の気体には
気体の種類によらず同じ数の分子が含まれている

これではわかりにくい。言い換えると次のようになる。

「気体の種類によらず () で 1 mol の気体の体積は
() L と決まっている」

「水素 H₂ でも酸素 O₂ でも窒素 N₂ でもヘリウム He でも、
気体分子 1 mol の体積は 22.4 L で不変」

標準状態 温度 (°C) (K) 気圧 (hPa) の状態

標準状態で 1 mol の気体の体積は決まっているので、気体の物質質量 (mol) と
体積 (L) の換算をするときには () (単位) が用いられる。

「22.4 L/mol」の意味 「 」につき 22.4 L

物質質量 (モル) と体積の関係 (標準状態)

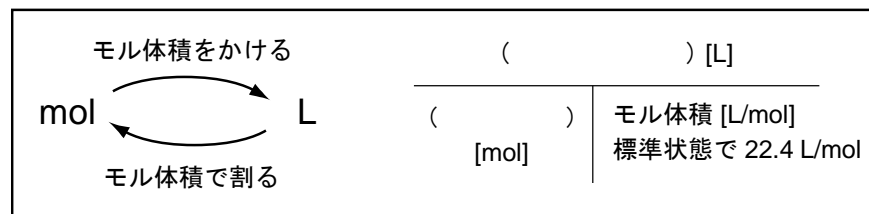
$$\text{物質質量}[\text{mol}] = \frac{\text{気体の体積}[\text{L}]}{22.4[\text{L/mol}]}$$

「mol」と「L (体積)」の換算 (標準状態)

「mol」→「L」とするとき 物質質量とモル体積をかける

「L」→「mol」とするとき Lをモル体積で割る

モル体積 気体ならどれも同じ 標準状態で 22.4 L/mol と決まっている。



問い (101 頁) 次の換算をせよ。ただし、気体はすべて標準状態とする。

- (1) メタン 0.25 mol の体積は何 L か。
- (2) 水素 11.2 L は何 mol か。

(1) 「mol」→「L」の換算

(2) 「L」→「mol」の換算

問い (99 頁) アボガドロ定数を $6.0 \times 10^{23} / \text{mol}$ として、以下の問に答えよ。原子量は
次の値を用いよ。

H = 1.0 C = 12 O = 16 Mg = 24

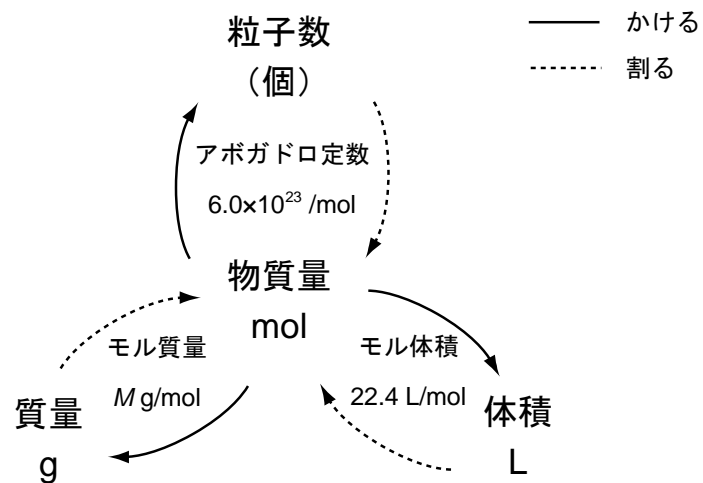
- (1) マグネシウム原子 1.8×10^{23} 個は何 g か。
- (2) 水 180 g には分子が何個含まれるか。

このような問いでは必ず「物質質量」に換算してから考える。

(1) 「個」→「mol」→「g」と換算する。

(2) 「g」→「mol」→「個」と換算する。

物質量の換算まとめ



アボガドロ定数 考えるときは 6.0×10^{23} 個/mol とし計算すると良い

モル質量 物質によって異なる 原子量・分子量・式量に g/mol をつけたもの

モル体積 標準状態の気体はどれも 22.4 L/mol

準備 次の物質のモル質量を求めよ。原子量には次の値を用いよ。

原子量 H = 1.0 C = 12 N = 14 O = 16
 Na = 23 Mg = 24 Al = 27 Cl = 35.5 K = 39 Ca = 40
 Fe = 56

黒鉛	カルシウム
硫化水素	酸化マグネシウム
ダイヤモンド	マグネシウム

1 粒子数—物質量の換算

「mol」→「個」

- (1) 炭素 1.0 mol の原子は何個か。
- (2) ナトリウム 0.50 mol の原子は何個か。
- (3) 二酸化炭素 1.5 mol の分子数は何個か
- (4) 塩化カルシウム 2.0 mol のカルシウムイオンは何個か。

「個」→「mol」

- (5) 水素原子 6.0×10^{23} 個は何 mol か。
- (6) 銅原子 3.0×10^{24} 個は何 mol か。
- (7) 水分子 1.5×10^{22} 個は何 mol か。
- (8) アルミニウムイオン 6.0×10^{24} 個は何 mol か。

() (個)	
([mol])	アボガドロ定数 [mol] 6.0×10^{23} (個) /mol

(1)

(2)

(3)

(4)

(5)

(6)

(7)

(8)

2 質量—物質量の換算

原子量 H = 1.0 He = 4.0 C = 12 N = 14 O = 16 Na = 23 Mg = 24
Al = 27 Cl = 35.5 K = 39 Ca = 40 Fe = 56

「mol」 → 「g」

- (1) 黒鉛 0.20 mol は何 g か。
- (2) カルシウム 0.75 mol は何 g か。
- (3) 硫化水素 1.5 mol は何 g か。
- (4) 酸化マグネシウム 0.30 mol は何 g か。

「g」 → 「mol」

- (5) ダイヤモンド 0.12 g は何 mol か。
- (6) マグネシウム 4.8 g は何 mol か。
- (7) 二酸化窒素 2.3 g は何 mol か。
- (8) 炭酸ナトリウム 5.3 g は何 mol か。

() [g]	
([mol]	モル質量 [g/mol]

3 体積—物質量の換算

「mol」 → 「L」

- (1) 酸素 0.25 mol は標準状態で何 L か。
- (2) ヘリウム 2.5 mol は標準状態で何 L か。

() [mol]	() [L]
	モル体積 [L/mol]
	標準状態で 22.4 L/mol

「L」 → 「mol」

- (3) 標準状態で水素 22.4 L は何 mol か。
- (4) 標準状態で塩化水素 67.2 L は何 mol か。
- (5) 標準状態でアンモニア 8.96 L は何 mol か。
- (6) 硫化水素 5.60 L は何 mol か。

(1)

(2)

(3)

(4)

(5)

(6)

(1)

(2)

(3)

(4)

(5)

(6)

(7)

(8)

4 粒子数-質量の換算

「個」→「g」 「個」→「mol」→「g」と2回換算する

- (1) 水素原子 6.0×10^{23} 個は何 g か。
- (2) 鉄原子 3.0×10^{23} 個は何 g か。
- (3) 水分子 2.0×10^{22} 個は何 g か。
- (4) アルミニウムイオン 2.0×10^{24} 個は何 g か。

「g」→「個」 「g」→「mol」→「個」と2回換算する。

- (5) ダイヤモンド 0.12 g は炭素原子が何個含まれるか。
- (6) マグネシウム 4.8 g にはマグネシウム原子が何個含まれるか。
- (7) 二酸化窒素 2.3 g 中には二酸化窒素分子が何個含まれるか。
- (8) 炭酸ナトリウム 53 g 中にナトリウムイオンは何個含まれるか。

(1)

(2)

(3)

(4)

(5)

(6)

(7)

(8)

5 質量一体積の換算

「g」→「L」 「g」→「mol」→「L」と2回換算する。

- (1) メタン CH₄ 4.0 g の体積は標準状態で何 L か。
- (2) 一酸化炭素 7.0 g の体積は標準状態で何 L か。

「L」→「g」 「L」→「mol」→「g」と2回換算する。

- (3) 標準状態で酸素 22.4 L は何 g か。
- (4) 標準状態でアンモニア 67.2 L は何 g か。
- (5) 標準状態で硫化水素 11.2 L は何 g か。
- (6) 標準状態でヘリウム 4.48 L は何 g か。

(1)

(2)

(3)

(4)

(5)

(6)

6 体積一粒子数の換算

「L」→「個」 「L」→「mol」→「個」と2回換算する。

- (1) 標準状態で水素 22.4 L の水素分子は何個か。
- (2) 標準状態で塩化水素 67.2 L の塩化水素分子は何個か。
- (3) 標準状態でアンモニア 3.36 L のアンモニア分子は何個か。
- (4) 二酸化窒素 5.60 L 中の二酸化窒素分子は何個か。

「個」→「L」 「個」→「mol」→「L」と2回換算する。

- (5) 酸素分子 1.5×10^{23} 個は標準状態で何 L か。
- (6) オゾン分子 7.5×10^{23} 個は標準状態で何 L か。

(1)

(2)

(3)

(4)

(5)

(6)

有効数字

実験で何かを測定し「3.14 cm」、「2.72 g」などの量を得たら、「3.14」「2.72」などの数を（ ）といい、信頼できる数字として扱う。

有効数字の桁数

小数点に関係なく数字がいくつ（何桁）あるか表す数を**有効数字の桁数**という。

例えば 3.14 という数ならば、有効数字の桁数は 3 桁という。

3.1416	有効数字 5 桁	2.71828	有効数字 6 桁
3.14	有効数字 3 桁	2.718	有効数字 4 桁
3.1	有効数字 2 桁	2.7	有効数字 2 桁

有効数字の**桁数が多い** ⇒ 信頼度が（ ）い**正確なデータ**

桁数が少ない⇒ 信頼度が（ ）い**正確でないデータ**

と判断する。

例 牛乳 1 リットルの表記

表記	誤差	真の量
1.00 L	0.01 L 未満	0.995 L 以上 1.005 L 未満
1.0 L	0.1 L 未満	0.95 L 以上 1.05 L 未満
1 L	1 L 未満	0.5 L 以上 1.4 L 未満

有効数字の桁数の数え方

数値の表記を左側から右側へと見て、**0 以外の数が初めて現れるところの**

数字を 1 桁目としていくつ数字があるか数える。

例 1.008 有効数字 4 桁 0.025 有効数字 2 桁 0.0001234 有効数字 4 桁

測定値が大きい数字となる場合は有効数字を「 $X \times 10^n$ 」の形で表す。

この場合の有効数字の桁数は、「**X**」の部分だけに注目する。

例 6.0×10^{23} 有効数字 2 桁 6.02×10^{23} 有効数字 3 桁

問い 次の測定値の有効数字は何桁か答えよ。

- (1) 0.00050 (2) 1.50×10^4

有効数字の計算

有効数字どうしをかける・わる・足す・引く場合は、**最も信頼度の低い数字に計算結果をあわせる。**

(1) 掛け算・割り算

計算結果の有効数字の桁数を、最も有効数字の桁数の（ ）い数字（最も正確でない数字）の桁数にあわせて答える。

例 $6.17 \text{ cm} \times 3.8 \text{ cm}$

6.17 cm 有効数字（ ）桁 3.8 cm 有効数字（ ）桁

計算結果の桁数は（ ）桁にする。

$$6.17 \text{ cm} \times 3.8 \text{ cm} = 23.446 \text{ cm}^2 = 23 \text{ cm}^2$$

注意 計算が済んだ最終段階で有効数字の桁数をあわせる。計算前に

「 6.17 cm 」を「 6.2 cm 」として計算しない。そうしてしまうと

$$6.2 \text{ cm} \times 3.8 \text{ cm} = 23.56 \text{ cm}^2 = 24 \text{ cm}^2$$

というように結果が変わってしまう。

(2) 足し算・引き算

最も信頼度の低い数字にあわせる。

例 $30 \text{ g} + 2.1 \text{ g}$

32 g と 2.1 g の信頼度について

30 g 信頼度が（ ）い 2.1 g 信頼度が（ ）い

計算結果は信頼度の低い方に合わせる。

$$30 \text{ g} + 2.1 \text{ g} = 32.1 \text{ g} = 32 \text{ g}$$

注意 足し算・引き算では**有効数字の桁数ではなく**

有効数字の信頼度（正確性）を見て答えを考える。

問い 次の有効数字の計算をせよ。

- (1) 1.34×2.3 (2) $2.35 \div 1.1$ (3) $5.46 + 1.5$

D 溶液の濃度

- () 物質を溶かすための液体
- () 溶媒に溶かす物質
- () 溶質を溶媒に溶かしたもの

溶液のうち溶媒が 水のもの 「水溶液」

エタノールのもの 「エタノール溶液」 などと呼ぶ

溶液の濃度

質量パーセント濃度

溶液の質量に対して溶質が何%含まれているか表した濃度

$$\begin{aligned} \text{質量パーセント濃度}[\%] &= \frac{\text{溶質の質量}[\text{g}]}{\text{溶液の質量}[\text{g}]} \times 100[\%] \\ &= \frac{\text{溶質の質量}[\text{g}]}{\text{溶媒の質量}[\text{g}] + \text{溶質の質量}[\text{g}]} \times 100[\%] \end{aligned}$$

モル濃度

溶液 1 L に溶質が何 mol 含まれているか表した濃度

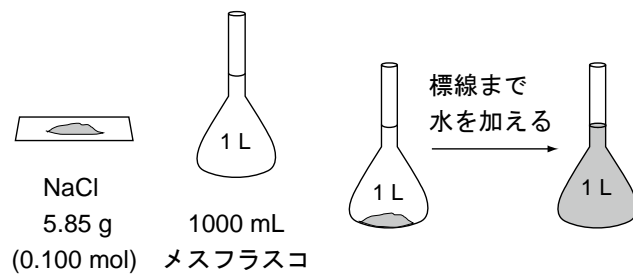
単位 () 読み方 ()
()

大学の研究ではこちらの方がよく使われる。質量パーセント濃度より単純。

$$\text{モル濃度}[\text{mol/L}] = \frac{\text{溶質の物質量}[\text{mol}]}{\text{溶液の体積}[\text{L}]}$$

濃度の正確な溶液を作ることを調製という。

0.10 mol/L 塩化ナトリウム水溶液の調製例 NaCl モル質量 58.5 g/mol



a 溶質とメスフラスコを用意する。

b 溶質をメスフラスコに入れ溶媒を加える。

注 塩化ナトリウム 0.10 mol に水 1 L を加えるのではなく、塩化ナトリウムと水を混ぜて 1 L になるようにする。

- 問い (1) 水酸化ナトリウム 2.0 g を水で溶かして 200 mL の水溶液にした。
この水酸化ナトリウム水溶液の濃度は何 mol/L か。
- (2) 0.40 mol/L のアンモニア水が 250 mL ある。この水溶液の溶質の物質量は何 mol か。

原子量 H = 1.0 N = 14 O = 16 Na = 23

物質量 [mol]	
モル濃度 [mol/L]	体積 [L]

質量パーセント濃度とモル濃度の換算 (110 頁)

どちらも同じ「濃度」であるので換算ができる。

濃度を求める情報

質量パーセント— 溶質の () []と溶液の () []

モル— 溶質の () []と溶液の () []

例 質量パーセント濃度が 98 % の濃硫酸 (密度 1.8 g/cm³) がある。この濃硫酸の

モル濃度は何 mol/L か。(原子量 H = 1.0 O = 16 S = 32)

- 定石 1 溶質・溶液・質量パーセント濃度・モル濃度の 2×2 の表を作る。
2 溶液が 1 L あると仮定して他の情報を求める。

	質量パーセント濃度	モル濃度
溶質の量	g	mol
溶液の量	g	L

濃度が 98 % の濃硫酸 (水溶液) が 1 L あると仮定する。

濃硫酸 (水溶液) の密度が 1.8 g/cm³ なので、濃硫酸 (水溶液) の質量は

とわかる。 < 質量[g] = 密度[g/cm³] × 体積[cm³] 1 L = () mL = () cm³ >

濃硫酸の濃度は 98 % なので、この水溶液に含まれる硫酸 (溶質) の質量は

とわかる。硫酸 (化学式) のモル質量は () g/mol

なので、この水溶液に含まれる硫酸の物質量は

とわかる。 < 物質量[mol] = $\frac{\text{質量[g]}}{\text{モル体積[g/mol]}}$ > この濃硫酸 (水溶液) 1 L に

硫酸が () mol 溶けているので、モル濃度は () mol/L とわかる。

問い モル濃度が 12.0 mol/L の濃塩酸 (塩化水素水溶液) (密度 1.20 g/cm³) がある。

この濃塩酸の質量パーセント濃度は何 mol/L か。(原子量 H = 1.0 Cl = 35.5)

3 化学反応式と物質

A 化学反応式

B イオン反応式

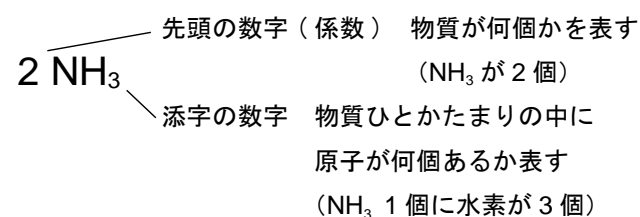
物質が別の物質になる変化を表す式を（化学）反応式といい、反応物・生成物にイオンの含まれるものを特にイオン反応式という。反応物を左辺、生成物を右辺に書き矢印で結んで表す。



化学反応式

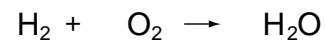
イオン反応式

反応式の左辺と右辺では () の数と () の合計が等しくなる。

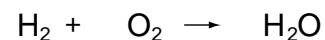


化学反応式の作り方

(1) 反応物を左辺、生成物を右辺に書き矢印で結ぶ。

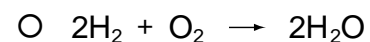


(2) 左辺と右辺で原子の数がそろえるように、反応物・生成物の化学式に係数をつける。



注意 ・係数が 1 のときは係数を省略する。

・係数は最も簡単な整数比にする



反応式の係数の決め方

(ア) 反応式が簡単なとき ある係数を 1 と仮定して他の係数も決める

(イ) 反応式が複雑なとき 係数を文字で置き連立して求める（未定係数法）

(ア) の方法を用いる例

例題 メタノール CH₄O が完全燃焼すると、二酸化炭素と水ができる反応の化学反応式を答えよ。

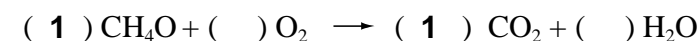
(1) 反応物・生成物を書く。



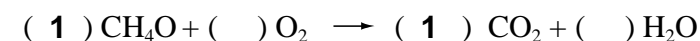
(2) いずれかの物質の係数を 1 とおく。(例 CH₄O の係数を 1 とする。)



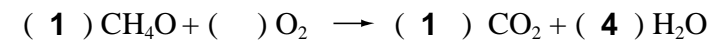
(3) C に注目すると、左辺に () 個あることになるので、右辺もそれにそろえて CO₂ の係数を 1 とする。



(4) C 以外の原子に注目する。H に注目すると、左辺に () 個あることになるので、右辺もそれにそろえて H₂O の係数を () とする。



(5) O に注目すると、右辺に 2×1+1×2=4 個あることになるので、左辺もそれにそろえる。左辺にはすでに CH₄O の O が 1 個あるので、残りの () 個が O₂ でそろえるように係数をつける。



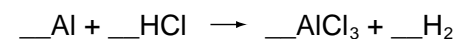
(6) 反応式の係数は最も簡単な係数比となるように等倍する。

$$1 : \frac{3}{2} : 1 : 2 = () : () : () : ()$$

(イ) 未定係数法の方法を用いる例

例題 アルミニウムと塩酸が反応して塩化アルミニウムと水素が生じる反応の化学反応式を答えよ。

- (1) 反応式・生成物を書き、それぞれの係数を文字で置く。



- (2) 原子の数が左辺と右辺で等しくなることを利用して文字の連立式を立てる。

$$\text{Al} \quad (\quad) = (\quad) \quad <1>$$

$$\text{H} \quad (\quad) = (\quad) \quad <2>$$

$$\text{Cl} \quad (\quad) = (\quad) \quad <3>$$

- (3) (2) で立てたいくつかの式のうち、出現頻度が最も () い文字を 1 (あるいは他の数でもよい) とおき、他の文字の数値を決める。

$$\begin{cases} a=c <1> \\ b=2d <2> \\ b=3c <3> \end{cases}$$

() と () が最も出現しているので $c=1$ とすると、

<1>式より $a = ()$ 、<3>式より $b = ()$ と求まる。さらに

b の値を<2>式に代入すると $d = ()$ となる。

- (4) 係数の比を最も簡単な整数比にする。

$$a:b:c:d = 1:3:1:\frac{3}{2} = (\quad):(\quad):(\quad):(\quad)$$

- (5) 係数の比が最も簡単な整数比となるように直し、化学反応式を完成させる。

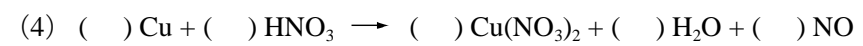
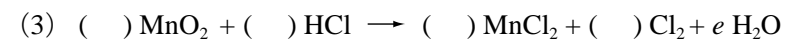
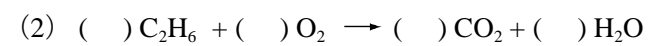
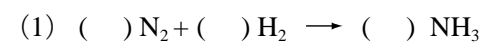


(3) で $b=1$ としても、<2>式より $d = \frac{1}{2}$ 、<3>式より $c = \frac{1}{3}$ となり

$a = \frac{1}{3}$ と求まるので、 $a:b:c:d = \frac{1}{3}:1:\frac{1}{3}:\frac{1}{2} = 2:6:2:3$ となり同じ結果となる。

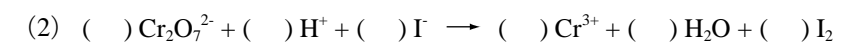
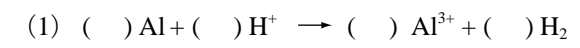
問い 次の化学反応式の () に適切な係数を入れ、化学反応式を完成させよ。

係数は最も簡単な整数比にせよ。



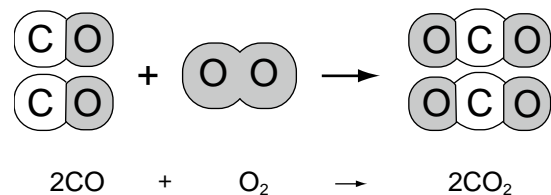
問い 次のイオン反応式の () に適切な係数を入れ、イオン反応式を完成させよ。

係数は最も簡単な整数比にせよ。



C 化学反応式が表す量的関係

化学反応式は反応する物質の量の比を表している。



「一酸化炭素 2 個と酸素 1 個が反応して二酸化炭素 2 個ができる。」

「一酸化炭素 2 mol と酸素 1 mol が反応して二酸化炭素 2 mol ができる。」

と読める。これを利用すると化学反応における体積や質量の関係もわかる。

例 プロパン C₃H₈ 22 g を完全燃焼させたとき、次の問いに答えよ。

- (1) 生じた水の物質量は何 mol か。
- (2) 生じた二酸化炭素の質量は何 g か。
- (3) 燃焼に必要な酸素の体積は標準状態で何 L か。

考え方 全て mol で考え「反応前の量」「反応で変化する量」「反応後の量」を求める。

(A) 化学反応式を書き、反応式の下に表を作る。

プロパン C₃H₈ () 炭素と水素・(酸素) からなる物質の一つ

完全に燃焼させると () と () になる。



反応前
変化量
反応後

(B) 反応前の行に物質 (mol) を書き入れる。

「プロパン C₃H₈」 モル質量は $12 \times 3 + 1.0 \times 8 = 44 \text{ g/mol}$ なので、プロパン 22 g は 0.50 mol。「0.50 mol」と書き入れる。

「酸素」 プロパンの () 倍量が必要。「2.50 mol」と書き入れる。

「二酸化炭素」「水」 () であり反応前は存在しないので、CO₂ と H₂O の下の「反応前」の行に「0 mol」と書き入れる。

	$\text{C}_3\text{H}_8 + 5 \text{O}_2 \rightarrow 3 \text{CO}_2 + 4 \text{H}_2\text{O}$			
反応前				
変化量				
反応後				

(C) 「変化量」の行に物質が反応によってどれだけ増減するか書き入れる。

左辺の物質 反応で使われる ⇒ 反応で () する。 ⇒ 符号は ()

右辺の物質 反応でできる ⇒ 反応で () する。 ⇒ 符号は ()

「プロパン」 「完全燃焼」するので全てがなくなる。 ⇒ 「- 0.50 mol」

「酸素」 燃焼にはプロパンの 5 倍量使われる ⇒ 「-2.50 mol」

「二酸化炭素」 プロパンの () 倍量できる ⇒ 「+1.50 mol」

「水」 プロパンの () 倍量できる ⇒ 「+2.00 mol」

	$\text{C}_3\text{H}_8 + 5 \text{O}_2 \rightarrow 3 \text{CO}_2 + 4 \text{H}_2\text{O}$			
反応前	0.50 mol	2.50 mol	0 mol	0 mol
変化量				
反応後				

(D) 「反応後」の行に、(B) (C) の量の合計を書き入れる。

	$\text{C}_3\text{H}_8 + 5 \text{O}_2 \rightarrow 3 \text{CO}_2 + 4 \text{H}_2\text{O}$			
反応前	0.50 mol	2.50 mol	0 mol	0 mol
変化量	-0.50 mol	-2.50 mol	+1.50 mol	+2.00 mol
反応後				

(E) 問題と照らしあわせて必要な量を求める。

(1) 生じた水は 2.00 mol なので 2.0 mol

(2) 生じた二酸化炭素は 1.50 mol。二酸化炭素のモル質量 () g/mol より、

(3) 燃焼に使われた酸素は 2.50 mol。標準状態で気体のモル体積 22.4 L/mol より、

演習 化学反応の量的関係

原子量 H = 1.0 C = 12 Mg = 24

問い マグネシウム 7.2 g と標準状態で 4.48 L の酸素を反応させると、
強い光を出して燃焼し、酸化マグネシウムができる。次の問いに答えよ。

- (1) 生成する酸化マグネシウムの質量は何 g か。
- (2) 反応せずに残った物質は何か。また、その質量は何 g か。