高校化学 L01 第 36 講 質量と反応量

この講でできるようになること

- 化学反応式の係数比を、そのまま質量比として使えない理由を説明できる。
- 既知の質量をモル質量で割って物質量へ変換できる。
- 係数比から別の物質の物質量を求め、モル質量を用いて質量へ変換できる。
- 質量から別の反応物・生成物の質量まで、段階を分けて計算できる。

この講で用いる原子量

計算に使う原子量

本講では、次の原子量を計算用の値として用いる。

元素	H	C	N	O	Mg
原子量	1.0	12	14	16	24

各問題では、計算に必要なモル質量も示す。

係数比はそのまま質量比ではない

係数比は mol の比を表す

化学反応式の係数比は、反応で消費される物質量と生成する物質量の比を表す。
たとえば、水が生成する反応は次の式で表される。

$$2\mathrm{H_2} + \mathrm{O_2} \rightarrow 2\mathrm{H_2O}$$

係数比は$\mathrm{H_2} : \mathrm{O_2} : \mathrm{H_2O} = 2 : 1 : 2$であり、これは物質量の比として読む。
しかし、$\mathrm{H_2}$、$\mathrm{O_2}$、$\mathrm{H_2O}$ではモル質量が異なるため、質量比をそのまま 2 : 1 : 2 とすることはできない。

水生成を質量まで追う

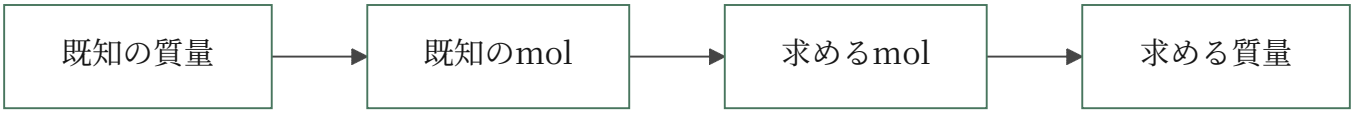
$\mathrm{H_2}$のモル質量を2.0 $\mathrm{g\,mol^{-1}}$、$\mathrm{O_2}$を32 $\mathrm{g\,mol^{-1}}$、$\mathrm{H_2O}$を18 $\mathrm{g\,mol^{-1}}$とする。

	$\mathrm{H_2}$**消費**	$\mathrm{O_2}$**消費**	$\mathrm{H_2O}$**生成**
係数比	2	1	2
物質量	1.0 mol	0.50 mol	1.0 mol
質量	2.0 g	16 g	18 g

$\mathrm{H_2}$が2.0 g反応すると、$\mathrm{H_2O}$は18 g生成する。
生成した水の質量が水素の質量より大きいのは、反応した酸素の質量も水に含まれるためである。
ここでも反応前後の質量は保存されている。

©ミライコーチング

質量から別の物質の質量へ変換する



4 段階で考える

質量を使う反応量計算では、次の順に進める。
1. 既知の物質の質量を、その物質のモル質量で割って物質量にする。
2. 化学反応式の係数比を読む。
3.「求める物質の係数 ÷ 既知の物質の係数」を掛け、求める物質の物質量を出す。
4. 求める物質の物質量に、その物質のモル質量を掛けて質量にする。

既知の物質と求める物質では、使うモル質量が異なる場合があることに注意する。

記号で計算の流れを整理する

質量→mol→mol→質量

物質 A について、質量をm_{A}、モル質量をM_{A}、物質量をn_{A}、反応式の係数をaとする。
物質 B について、質量をm_{B}、モル質量をM_{B}、物質量をn_{B}、反応式の係数をbとする。
まず、A の質量から A の物質量を求める。

$$n_{\mathrm{A}} = \frac{m_{\mathrm{A}}}{M_{\mathrm{A}}}$$

次に、係数比から B の物質量を求める。

$$n_{\mathrm{B}} = n_{\mathrm{A}} \times \frac{b}{a}$$

最後に、B の物質量から B の質量を求める。

$$m_{\mathrm{B}} = n_{\mathrm{B}} M_{\mathrm{B}}$$

この 3 段階を順に追えばよく、最初から 1 つの長い式として暗記する必要はない。

使うモル質量を確認する

- 最初に割るのは、**既知の物質のモル質量**である。
- 最後に掛けるのは、**求める物質のモル質量**である。
- 係数比は、その間の mol どうしの変換に使う。

質量から直接係数比を掛けるのではなく、いったん mol へ直してから考える。

例題

例題 1

次の反応を考える。

$$2\mathrm{Mg} + \mathrm{O_2} \rightarrow 2\mathrm{MgO}$$

Mg が4.8 gすべて反応し、$\mathrm{O_2}$は必要量以上あるものとする。モル質量は、Mg が24 $\mathrm{g\,mol^{-1}}$、MgO が40 $\mathrm{g\,mol^{-1}}$である。
1. 反応した Mg の物質量を求めよ。
2. 生成する MgO の質量を求めよ。

©ミライコーチング

解答・解説

1.
Mg の質量から物質量を求めるので、既知の質量を Mg のモル質量で割る。
$n(\mathrm{Mg}) = \frac{4.8}{24} = 0.20$ molより、反応した Mg は**0.20 mol**である。
2.
Mg と MgO の係数比は 2 : 2 なので、MgO の物質量は$n(\mathrm{MgO}) = 0.20 \times \frac{2}{2} = 0.20$ molである。
求める MgO のモル質量を掛けると、$m(\mathrm{MgO}) = 0.20 \times 40 = 8.0$ gとなる。
したがって、生成する MgO の質量は**8.0 g**である。

例題 2

次の反応を考える。

$$2\mathrm{CO} + \mathrm{O_2} \rightarrow 2\mathrm{CO_2}$$

CO が5.6 gすべて反応し、$\mathrm{O_2}$は必要量以上あるものとする。モル質量は、CO が28 $\mathrm{g\,mol^{-1}}$、$\mathrm{O_2}$が32 $\mathrm{g\,mol^{-1}}$である。
1. 消費される$\mathrm{O_2}$の物質量を求めよ。
2. 消費される$\mathrm{O_2}$の質量を求めよ。

解答・解説

1.
まず CO の物質量を求めると、$n(\mathrm{CO}) = \frac{5.6}{28} = 0.20$ molである。
CO と$\mathrm{O_2}$の係数比は 2 : 1 なので、$n(\mathrm{O_2}) = 0.20 \times \frac{1}{2} = 0.10$ molとなる。
したがって、消費される$\mathrm{O_2}$は**0.10 mol**である。
2.
$\mathrm{O_2}$のモル質量は32 $\mathrm{g\,mol^{-1}}$なので、$m(\mathrm{O_2}) = 0.10 \times 32 = 3.2$ gとなる。
したがって、消費される$\mathrm{O_2}$の質量は**3.2 g**である。

例題 3

次の反応式に従って$\mathrm{NH_3}$が6.8 g生成したとする。

$$\mathrm{N_2} + 3\mathrm{H_2} \rightarrow 2\mathrm{NH_3}$$

モル質量は、$\mathrm{NH_3}$が17 $\mathrm{g\,mol^{-1}}$、$\mathrm{N_2}$が28 $\mathrm{g\,mol^{-1}}$、$\mathrm{H_2}$が2.0 $\mathrm{g\,mol^{-1}}$である。
1. 消費された$\mathrm{N_2}$の質量を求めよ。
2. 消費された$\mathrm{H_2}$の質量を求めよ。

解答・解説

1.
まず、生成した$\mathrm{NH_3}$の物質量を求めると、$n(\mathrm{NH_3}) = \frac{6.8}{17} = 0.40$ molである。
$\mathrm{NH_3}$と$\mathrm{N_2}$の係数比は 2 : 1 なので、$n(\mathrm{N_2}) = 0.40 \times \frac{1}{2} = 0.20$ molとなる。
したがって、$m(\mathrm{N_2}) = 0.20 \times 28 = 5.6$ gより、消費された$\mathrm{N_2}$の質量は**5.6 g**である。
2.
$\mathrm{NH_3}$と$\mathrm{H_2}$の係数比は 2 : 3 なので、$n(\mathrm{H_2}) = 0.40 \times \frac{3}{2} = 0.60$ molである。
$m(\mathrm{H_2}) = 0.60 \times 2.0 = 1.2$ gより、消費された$\mathrm{H_2}$の質量は**1.2 g**である。
消費された反応物の質量を合わせると$5.6 + 1.2 = 6.8$ gとなり、生成した$\mathrm{NH_3}$の質量と一致する。

©ミライコーチング

演習問題

演習 1

次の反応を考える。

$$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$$

H_2が0.40 gすべて反応し、O_2は必要量以上あるものとする。モル質量は、H_2が2.0 $g\,mol^{-1}$、H_2Oが18 $g\,mol^{-1}$である。

1. 生成するH_2Oの物質量を求めよ。
2. 生成するH_2Oの質量を求めよ。

演習 2

次の反応を考える。

$$2Mg + O_2 \rightarrow 2MgO$$

Mg が7.2 gすべて反応し、O_2は必要量以上あるものとする。モル質量は、Mg が24 $g\,mol^{-1}$、O_2が32 $g\,mol^{-1}$である。

1. 消費されるO_2の物質量を求めよ。
2. 消費されるO_2の質量を求めよ。

演習 3

メタンCH_4が完全燃焼する反応を考える。

$$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$$

CH_4が3.2 gすべて反応し、O_2は必要量以上あるものとする。モル質量は、CH_4が16 $g\,mol^{-1}$、CO_2が44 $g\,mol^{-1}$、H_2Oが18 $g\,mol^{-1}$である。

1. 生成するCO_2の質量を求めよ。
2. 生成するH_2Oの質量を求めよ。

演習 4

次の反応式に従ってCO_2が8.8 g生成したとする。

$$2CO + O_2 \rightarrow 2CO_2$$

モル質量は、CO_2が44 $g\,mol^{-1}$、CO が28 $g\,mol^{-1}$、O_2が32 $g\,mol^{-1}$である。

1. 消費された CO の質量を求めよ。
2. 消費されたO_2の質量を求めよ。

©ミライコーチング

演習 5

次の反応式に従ってNH_3が3.4 g生成したとする。

$$N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$$

モル質量は、NH_3が17 $g\,mol^{-1}$、N_2が28 $g\,mol^{-1}$、H_2が2.0 $g\,mol^{-1}$である。

1. 消費されたN_2の質量を求めよ。
2. 消費されたH_2の質量を求めよ。

演習 6

次の反応を考える。

$$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$$

H_2が2.0 gすべて反応し、O_2は必要量以上あるものとする。モル質量は、H_2が2.0 $g\,mol^{-1}$、H_2Oが18 $g\,mol^{-1}$である。

1.「H_2とH_2Oの係数比が 2 : 2 なので、生成するH_2Oも2.0 gである」という解法は正しいか。理由も答えよ。
2. 正しい手順で、生成するH_2Oの質量を求めよ。

演習問題の解答・解説

解答 1

1.

まずH_2の物質量を求めると、$n(H_2) = \frac{0.40}{2.0} = 0.20$ molである。
H_2とH_2Oの係数比は 2 : 2 なので、生成するH_2Oも**0.20 mol**である。

2.

H_2Oのモル質量は18 $g\,mol^{-1}$なので、$m(H_2O) = 0.20 \times 18 = 3.6$ gとなる。
したがって、生成するH_2Oの質量は**3.6 g**である。

解答 2

1.

Mg の物質量は$n(Mg) = \frac{7.2}{24} = 0.30$ molである。
Mg とO_2の係数比は 2 : 1 なので、$n(O_2) = 0.30 \times \frac{1}{2} = 0.15$ molとなる。
したがって、消費されるO_2は**0.15 mol**である。

2.

O_2のモル質量は32 $g\,mol^{-1}$なので、$m(O_2) = 0.15 \times 32 = 4.8$ gとなる。
したがって、消費されるO_2の質量は**4.8 g**である。

解答 3

1.

CH_4の物質量は$n(CH_4) = \frac{3.2}{16} = 0.20$ molである。
CH_4とCO_2の係数比は 1 : 1 なので、生成するCO_2は0.20 molである。
$m(CO_2) = 0.20 \times 44 = 8.8$ gより、生成するCO_2の質量は**8.8 g**である。

2.

CH_4とH_2Oの係数比は 1 : 2 なので、生成するH_2Oは$n(H_2O) = 0.20 \times 2 = 0.40$ molである。
$m(H_2O) = 0.40 \times 18 = 7.2$ gより、生成するH_2Oの質量は**7.2 g**である。

解答 4

1.

生成したCO_2の物質量は$n(CO_2) = \frac{8.8}{44} = 0.20$ molである。
CO_2と CO の係数比は 2 : 2 なので、消費された CO も0.20 molである。
$m(CO) = 0.20 \times 28 = 5.6$ gより、消費された CO の質量は**5.6 g**である。

2.

CO_2とO_2の係数比は 2 : 1 なので、消費されたO_2は$n(O_2) = 0.20 \times \frac{1}{2} = 0.10$ molである。
$m(O_2) = 0.10 \times 32 = 3.2$ gより、消費されたO_2の質量は**3.2 g**である。

解答 5

1.

生成したNH_3の物質量は$n(NH_3) = \frac{3.4}{17} = 0.20$ molである。
NH_3とN_2の係数比は 2 : 1 なので、消費されたN_2は$n(N_2) = 0.20 \times \frac{1}{2} = 0.10$ molである。
$m(N_2) = 0.10 \times 28 = 2.8$ gより、消費されたN_2の質量は**2.8 g**である。

2.

NH_3とH_2の係数比は 2 : 3 なので、消費されたH_2は$n(H_2) = 0.20 \times \frac{3}{2} = 0.30$ molである。
$m(H_2) = 0.30 \times 2.0 = 0.60$ gより、消費されたH_2の質量は**0.60 g**である。

解答 6

1.

正しくない。
化学反応式の係数比 2 : 2 は、H_2とH_2Oの**物質量の比**を表す。
H_2とH_2Oではモル質量が異なるため、係数比をそのまま質量比として使うことはできない。

2.

まずH_2の物質量を求めると、$n(H_2) = \frac{2.0}{2.0} = 1.0$ molである。
H_2とH_2Oの係数比は 2 : 2 なので、生成するH_2Oも1.0 molである。
$m(H_2O) = 1.0 \times 18 = 18$ gより、生成するH_2Oの質量は**18 g**である。

©ミライコーチング