高校化学 L01 第 142 講 組成式と分子式の決定

この講でできるようになること

- 元素の質量比から原子数比を求め、組成式を決定できる。
- 組成式と分子式の違いを説明し、モル質量から分子式を決定できる。
- 質量百分率や燃焼分析の結果から得られる情報の範囲と限界を説明できる。
- 得られた分子式をモル質量、原子数比、元素質量百分率から検算できる。

1. 元素の質量比から原子数比を見る

有機化合物の組成を調べるとき、まず分かることは元素の割合である。例えば炭素・水素・酸素だけからなる物質では、試料中に含まれる各元素の質量から、それぞれの原子が何個分に相当するかを考える。炭素、水素、酸素の原子量は共通して 12.0、1.0、16.0 とする。元素ごとの質量 m_i を、その元素の原子 1 mol 分の質量で割ると、その元素原子の物質量 n_i が得られる。

元素原子の物質量は原子の個数に比例する。原子 1 個の数を直接数えることはできないが、どの元素でも 1 mol あたりに含まれる粒子数はアボガドロ定数で共通しているため、元素同士の比を考えるとその倍率は消える。したがって、元素の質量比をそのまま原子数比として扱ってはいけない。質量を原子量で割り、物質量の比へ変換する必要がある。

例えば炭素・水素・酸素の質量比が 12 : 2 : 16 であった場合、質量比をそのまま添字にするのではなく、$12 : 2 : 16 \rightarrow \frac{12}{12.0} : \frac{2}{1.0} : \frac{16}{16.0} = 1 : 2 : 1$となり、原子数比は 1 : 2 : 1 である。

2. 組成式が表すものと分子式が表すもの

組成式は、元素の原子数の最も簡単な整数比を表す式である。組成式だけでは、実際の分子 1 個に含まれる原子数までは決まらない。例えば、最簡原子数比が 1 : 2 : 1 である物質では、次のような複数の分子式が考えられる。

©ミライコーチング

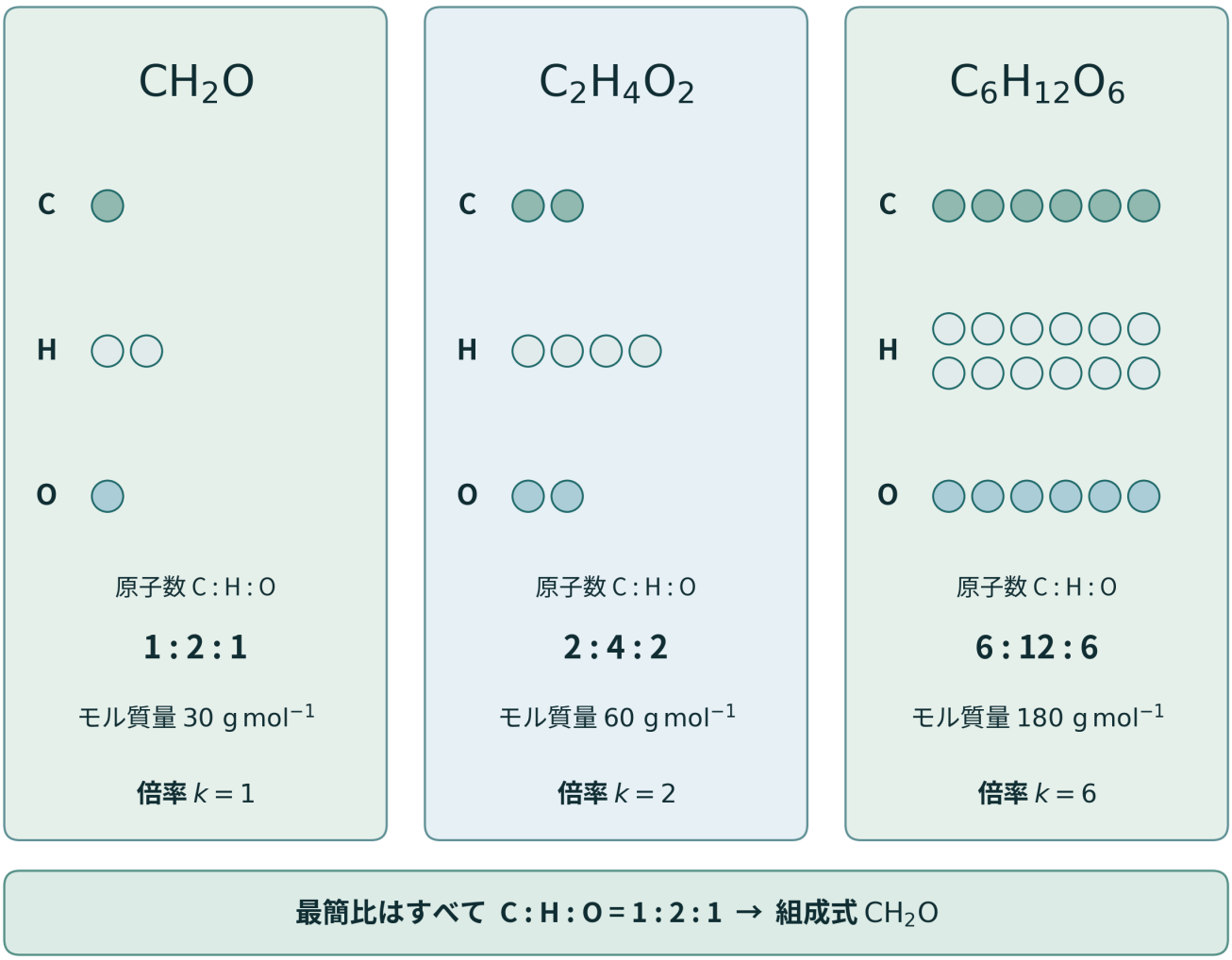

図 1　原子数の最簡比が同じでも、分子 1 個の原子数は異なる。

CH_2O、$C_2H_4O_2$、$C_6H_{12}O_6$ は、すべて炭素・水素・酸素の原子数比が 1 : 2 : 1 である。しかし、分子 1 個に含まれる原子数や分子全体の質量は異なる。組成式は原子数の比を示すものであり、構造式や異性体を決定したものではない。この図の原子個数は組成を比較するための模式図であり、実際の分子の幾何構造や物理的な CH_2O 断片を表すものではない。

一方、分子式は分子 1 個を構成する元素の原子数を表す式である。そのため、分子として存在する物質について考える必要がある。例えば食塩 $NaCl$ のようなイオン結晶では、粒子の最簡比を示す組成式を用い、分子式を与えない。

3. 組成式を求める手順

組成式を求める基本手順は、元素の質量を原子の物質量へ変換し、その比を最も簡単な整数比に直すことである。

元素の質量から組成式、さらに分子式へ

まず原子数の「比」を求め、モル質量から分子全体の倍率を決める



図 2　質量を原子の物質量へ変え、比と分子全体の倍率を分けて求める。

組成式を求める流れは次の通りである。

- 元素ごとの質量を求める。
- 各元素の質量を原子量に対応するモル質量で割り、物質量を求める。
- 最も小さい物質量で全てを割り、原子数比を求める。
- 必要なら全ての数値に同じ小整数を掛け、最簡整数比に直す。

途中で小数が現れる場合は、比を変えないように整数比へ変換する。例えば比が 1 : 1.5 ならば、全てを 2 倍して 2 : 3 とする。比が 1 : 1.333… ならば、全てを 3 倍して 3 : 4 とする。

ただし、1.5 を根拠なく 2 に近いと考えて丸めるような操作はしてはいけない。観測値や表示値の丸めによって 1.99 のような値が得られた場合は、測定精度を踏まえて近い整数比を考える必要がある。これは任意に比を変える丸めとは異なる。

4. 質量百分率から考える場合

元素の質量百分率は、含まれる元素の質量割合を合計すると 100% になる。計算では試料を 100 g あると仮定すると扱いやすい。これは計算上の比例基準であり、実際に 100 g の試料を測定したという意味ではない。例えば炭素・水素・酸素だけからなる化合物では、炭素と水素の量を求めた後、残りを酸素として扱える場合がある。ただし、未知元素が含まれる可能性がある場合に、残った量をすべて酸素と決めてはいけない。

燃焼分析では、生成した二酸化炭素や水の量から元素の物質量を求める。$n_{\mathrm{C}} = n_{\mathrm{CO_2}}$、$n_{\mathrm{H}} = 2n_{\mathrm{H_2O}}$。この関係を利用して元素の物質量へ戻す。装置や操作の詳細ではなく、元素量へ変換する考え方が重要である。

5. 組成式から分子式を決定する

組成式から分子式を求めるには、組成式だけでは不足している分子全体の大きさをモル質量から決める。組成式から計算した相対式量を E とする。相対式量は原子量の和であり、単位を持たない。

組成式に対応するモル質量を $M_{\mathrm{e}} = E\,\mathrm{g\,mol^{-1}}$ とする。分子のモル質量を M とすると、$k = \frac{M}{M_{\mathrm{e}}}$ である。以下の数値計算では、M と M_{e} をともに $\mathrm{g\,mol^{-1}}$ で表した数値の比をとる。k は正の整数であり、分子式では組成式の全ての添字を同じ倍率で増やす。

例えば組成式が CH_2O の場合、$E = 12.0 + 2 \times 1.0 + 16.0 = 30.0$である。分子のモル質量が $180\,\mathrm{g\,mol^{-1}}$ なら、$k = \frac{180}{30.0} = 6$となるため、組成式 CH_2O の全ての添字を 6 倍し、分子式 $C_6H_{12}O_6$ を得る。

なお、分子量 M_r は相対的な質量を表す無単位の値であり、モル質量 M は 1 mol あたりの質量で単位は $\mathrm{g\,mol^{-1}}$ である。両者は数値が対応するが、意味と単位は異なる。

6. 組成式だけでは分子式は決まらない

元素組成から分かるのは原子数の比までであり、分子式を決めるには追加情報が必要である。例えば最簡式が CH_2 であっても、モル質量によって分子式は変化する。

- $M = 28\,\mathrm{g\,mol^{-1}}$ の場合は C_2H_4。
- $M = 42\,\mathrm{g\,mol^{-1}}$ の場合は C_3H_6。
- $M = 56\,\mathrm{g\,mol^{-1}}$ の場合は C_4H_8。

このように、同じ組成比から複数の分子式が考えられる。また、計算途中で $k = 2.5$ のような値になった場合、無理に整数へ丸めてはいけない。分子式の原子数は整数であり、最簡比の一括整数倍になる必要があるため、組成やモル質量、測定条件に矛盾がないかを再確認する。

7. 決定した式の検算

組成式や分子式を決定した後は、結果が条件と一致するかを確認する。検算では次の 3 点を見る。

- 得られた分子式から求めたモル質量が与えられた条件と一致するか。
- 元素の原子数比が求めた最簡比と一致するか。
- 元素の質量百分率が与えられた値と一致するか。

式量だけが一致していても、原子数比が異なれば正しい式とはいえない。組成式や分子式の決定では、暗記した式を当てはめるのではなく、質量と原子個数を行き来しながら確かめることが重要である。

©ミライコーチング

例題

例題で扱う条件は、特に指定がない限り次の通りである。分子からなる純物質について考える。原子量は C 12.0、H 1.0、O 16.0 とする。量は各設問で与えられた条件を用いる。表示された百分率は小数第 1 位へ丸めた値であり、計算途中では必要な桁を保持する。

例題 1

炭素・水素・酸素のみからなる純物質を分析したところ、炭素 12.0 g、水素 2.0 g、酸素 16.0 g に相当する組成が得られた。この物質のモル質量は $180\,\mathrm{g\,mol^{-1}}$ である。

(1) 元素の物質量比から組成式を求めよ。

(2) 分子式を求め、組成式の全ての添字に同じ整数を掛ける理由を説明せよ。

解答・解説

(1) 元素の質量をその元素 1 mol 分の質量で割り、各元素の物質量を求める。

元素	質量	物質量
C	12.0 g	$12.0 \div 12.0 = 1.00\,\mathrm{mol}$
H	2.0 g	$2.0 \div 1.0 = 2.00\,\mathrm{mol}$
O	16.0 g	$16.0 \div 16.0 = 1.00\,\mathrm{mol}$

物質量比は $1.00 : 2.00 : 1.00 = 1 : 2 : 1$ である。原子量で割る理由は、質量そのものでは原子の個数比にならないためである。原子 1 mol 分の質量で割ることで、元素ごとの原子の物質量、つまり原子数に比例する値へ変換できる。したがって組成式は CH_2O である。

(2) 組成式 CH_2O の相対式量は、

$E = 12.0 + 2 \times 1.0 + 16.0 = 30.0$である。分子のモル質量は $180\,\mathrm{g\,mol^{-1}}$ なので、$k = \frac{180}{30.0} = 6$となる。分子式では組成式が示す原子数比を保ったまま、分子全体の大きさだけを変える。そのため全ての添字に同じ整数を掛ける必要がある。

組成式 CH_2O の全ての添字を 6 倍するので、分子式は $C_6H_{12}O_6$ である。

組成式の示す比 1 : 2 : 1 は原子数の最簡比であり、原子個数比較図が示すように分子全体の大きさまでは決めない。分子式では、その比を保ちながら実際の分子 1 個の原子数を表す。

©ミライコーチング

例題 2

炭素と水素のみからなる純物質について、炭素の質量百分率が 85.7%、水素の質量百分率が 14.3% であった。この物質のモル質量は $56.0\,\mathrm{g\,mol^{-1}}$ である。

(1) 試料を 100 g と仮定して組成式を求めよ。

(2) 分子式と、組成からの検算を示せ。

解答・解説

(1) 100 g を計算上の基準として置く。

この 100 g は比例計算のための仮定であり、実際に 100 g の試料を測定したという意味ではない。

元素	質量	物質量
C	85.7 g	$85.7 \div 12.0$
H	14.3 g	$14.3 \div 1.0$

計算すると、$7.14 : 14.3 \approx 1 : 2$となる。百分率は表示時に丸められているため、厳密な比ではなく近い整数比を考える。ただし、比を都合よく変える丸めはしてはいけない。したがって組成式は CH_2 である。

(2) 組成式 CH_2 の相対式量は、

$E = 12.0 + 2 \times 1.0 = 14.0$である。モル質量から、$k = \frac{56.0}{14.0} = 4$となる。組成式 CH_2 の全ての添字を 4 倍するので、分子式は C_4H_8 である。

検算すると、C_4H_8 のモル質量は $(4 \times 12.0 + 8 \times 1.0)\,\mathrm{g\,mol^{-1}} = 56.0\,\mathrm{g\,mol^{-1}}$ であり、与えられた値と一致する。また、炭素の質量割合は、$\frac{48.0}{56.0} \times 100\% \approx 85.7\%$となり、水素の質量割合も 14.3% となるため条件と一致する。

例題 3

炭素・水素・酸素のみからなる純物質 0.900 g を完全燃焼させた。外来の水や二酸化炭素の混入はなく、生成物は全量捕集された。その結果、二酸化炭素 1.320 g、水 0.540 g を得た。

この物質のモル質量は $90.0\,\mathrm{g\,mol^{-1}}$ である。二酸化炭素と水のモル質量は原子量から求めてよい。

(1) 元素 C、H、O の質量と物質量の比から組成式を求めよ。

(2) 分子式と、元素量・モル質量による検算を示せ。

解答・解説

(1) 燃焼によって得られた二酸化炭素から炭素量、水から水素量を求める。

二酸化炭素の物質量は、$1.320 \div 44.0 = 0.0300\,\mathrm{mol}$である。二酸化炭素 1 mol には炭素原子 1 mol が含まれるため、$n_C = 0.0300\,\mathrm{mol}$となる。水の物質量は、$0.540 \div 18.0 = 0.0300\,\mathrm{mol}$である。水 1 mol には水素原子 2 mol が含まれるため、$n_H = 2 \times 0.0300 = 0.0600\,\mathrm{mol}$となる。

質量は、

元素	物質量	質量
C	$0.0300\,\mathrm{mol}$	$0.360\,\mathrm{g}$
H	$0.0600\,\mathrm{mol}$	$0.060\,\mathrm{g}$

である。試料全体は 0.900 g なので、酸素の質量は差から求められる。$0.900 - 0.360 - 0.060 = 0.480\,\mathrm{g}$。酸素の物質量は、$0.480 \div 16.0 = 0.0300\,\mathrm{mol}$である。したがって物質量比は、$0.0300 : 0.0600 : 0.0300 = 1 : 2 : 1$となり、組成式は CH_2O である。

酸素を差から求められるのは、この物質が C・H・O のみからなると条件で指定されているためである。

(2) 組成式の相対式量は、

$E = 30.0$である。モル質量から、$k = \frac{90.0}{30.0} = 3$となる。組成式 CH_2O の全ての添字を 3 倍するので、分子式は $C_3H_6O_3$ である。

検算すると、$C_3H_6O_3$ のモル質量は $(3 \times 12.0 + 6 \times 1.0 + 3 \times 16.0)\,\mathrm{g\,mol^{-1}} = 90.0\,\mathrm{g\,mol^{-1}}$ であり、与えられた値と一致する。また、分子式の原子数比は $3 : 6 : 3 = 1 : 2 : 1$ であり、燃焼分析から求めた組成比とも一致する。

試料の物質量は $0.900\,\frac{\mathrm{g}}{90.0\,\mathrm{g\,mol^{-1}}} = 0.0100\,\mathrm{mol}$ である。$C_3H_6O_3$ に含まれる C、H、O の物質量はそれぞれ $0.0300\,\mathrm{mol}$、$0.0600\,\mathrm{mol}$、$0.0300\,\mathrm{mol}$ となる。これらに対応する質量は $0.360\,\mathrm{g}$、$0.0600\,\mathrm{g}$、$0.480\,\mathrm{g}$ で、分析で求めた元素量と一致し、合計は試料質量 $0.900\,\mathrm{g}$ に一致する。

©ミライコーチング

例題 4

炭素と水素のみからなる純物質について、最簡原子数比が $C:H=1:2$ であることが分かった。測定結果としてモル質量 $35.0\,\mathrm{g\,mol^{-1}}$ が記録された。どちらの測定誤差も、この矛盾を説明できない程度とする。

(1) この 2 条件から正しい分子式を決定できるか。k を使って説明せよ。

(2) モル質量が $42.0\,\mathrm{g\,mol^{-1}}$ へ訂正された場合の分子式と検算を示せ。

解答・解説

(1) 最簡式は CH_2 である。

相対式量は、$E=12.0+2\times1.0=14.0$である。記録されたモル質量から、$k=\frac{35.0}{14.0}=2.5$となる。しかし、分子式は組成式の全ての添字を同じ整数倍したものでなければならない。そのため $k=2.5$ を整数へ丸めて扱うことはできない。

したがって、この 2 条件だけから正しい分子式を決定することはできない。純物質であるか、測定条件や記録値に問題がないかを再確認する必要がある。

(2) モル質量が $42.0\,\mathrm{g\,mol^{-1}}$ に訂正された場合、

$k=\frac{42.0}{14.0}=3$となる。整数倍条件を満たすため、組成式 CH_2 の全ての添字を 3 倍し、分子式 C_3H_6 を得る。

検算すると、C_3H_6 のモル質量は $(3\times12.0+6\times1.0)\,\mathrm{g\,mol^{-1}}=42.0\,\mathrm{g\,mol^{-1}}$ となり、与えられた値と一致する。また、原子数比は $3:6=1:2$ であり、最簡式 CH_2 の比とも一致する。

ただし、訂正後の値を都合よく採用したのではなく、測定条件や記録を確認した結果として扱う必要がある。

演習問題

演習で扱う条件は、特に指定がない限り次の通りである。分子からなる純物質について考える。原子量は C 12.0、H 1.0、O 16.0 とする。百分率表示は小数第 1 位への丸めであり、計算途中では必要な桁を保持する。

演習 1

炭素・水素・酸素のみからなる純物質について、元素の質量比が次のように得られた。

元素	質量比
C	0.240
H	0.0600
O	0.160

この物質のモル質量は $46.0\,\mathrm{g\,mol^{-1}}$ である。

(1) 組成式を求めよ。

(2) 分子式を求め、組成式と分子式がどのような関係にあるかを示せ。

演習 2

炭素と水素のみからなる純物質について、炭素の質量百分率は 92.3%、水素の質量百分率は 7.7% であった。この物質のモル質量は $78.0\,\mathrm{g\,mol^{-1}}$ である。

(1) 組成式を求めよ。

(2) 分子式を求め、モル質量を用いて検算せよ。

演習 3

炭素・水素・酸素のみからなる純物質 0.440 g を完全燃焼させた。外来の水や二酸化炭素の混入はなく、生成物は全量回収された。その結果、二酸化炭素 0.880 g、水 0.360 g を得た。

この物質のモル質量は $88.0\,\mathrm{g\,mol^{-1}}$ である。

(1) 元素量と物質量比から組成式を求めよ。

(2) 分子式を求め、試料質量とモル質量を用いて検算せよ。

演習 4

炭素と水素のみからなる純物質について、炭素 0.240 g、水素 0.0300 g に相当する元素組成が得られた。この物質のモル質量は $54.0\,\mathrm{g\,mol^{-1}}$ である。

(1) 元素の物質量比を最簡整数比へ直し、組成式を求めよ。

(2) 比が 1 : 1.5 となった場合に、これを 1 : 2 へ丸めてはいけない理由を説明せよ。

演習 5

組成式が CH_2O である異なる 2 種類の純物質 A、B がある。モル質量は次の通りである。

物質	モル質量
A	$60.0\,\mathrm{g\,mol^{-1}}$
B	$90.0\,\mathrm{g\,mol^{-1}}$

(1) 物質 A、B それぞれの分子式を求めよ。

(2) 元素組成が同じ比であることだけでは分子式を 1 つに決められない理由と、決定に必要な追加情報を述べよ。

ただし、構造式の決定は要求しない。

演習 6

炭素・水素・酸素のみからなる純物質について、元素の質量比が 24.0 : 6.0 : 16.0 であり、モル質量は $46.0\,\mathrm{g\,mol^{-1}}$ である。

ある解答では「質量比を 2 で割って $C_{12}H_3O_8$ が組成式である」と記されていた。

(1) この解答の誤りを説明し、正しい組成式と分子式を求めよ。

(2) 同じ元素組成について、モル質量 $23.0\,\mathrm{g\,mol^{-1}}$ という別の記録が得られた。測定誤差ではこの差を説明できない場合、2 つの条件が整合するか理由を示せ。

©ミライコーチング

演習問題の解答・解説

解答 1

(1) 与えられた質量比に合わせて、C 0.240 g、H 0.0600 g、O 0.160 g を計算上の基準とし、各元素の質量を物質量へ変換する。

元素	質量	物質量
C	$0.240\,\mathrm{g}$	$0.240 \div 12.0 = 0.0200\,\mathrm{mol}$
H	$0.0600\,\mathrm{g}$	$0.0600 \div 1.0 = 0.0600\,\mathrm{mol}$
O	$0.160\,\mathrm{g}$	$0.160 \div 16.0 = 0.0100\,\mathrm{mol}$

物質量比は、$0.0200 : 0.0600 : 0.0100 = 2 : 6 : 1$である。最簡整数比へ直した倍率は、全ての数値を最小値 0.0100 で割ったものであり、組成式を求めるための操作である。したがって組成式は、C_2H_6Oである。

(2) 組成式の相対式量は、

$E = 2 \times 12.0 + 6 \times 1.0 + 16.0 = 46.0$である。モル質量から、$k = \frac{46.0}{46.0} = 1$となる。

項目	値
組成式	C_2H_6O
相対式量	46.0
倍率k	1
分子式	C_2H_6O

したがって分子式は C_2H_6O である。

最簡整数化の倍率は原子比を簡単にするための操作であり、分子式を決める倍率 k とは意味が異なる。今回は組成式自体のモル質量が分子のモル質量と一致するため、追加の倍率は不要である。

©ミライコーチング

解答 2

(1) 質量百分率から、試料を 100 g と仮定して計算する。

元素	質量	物質量
C	92.3 g	$92.3 \div 12.0$
H	7.7 g	$7.7 \div 1.0$

物質量比は、$\frac{92.3}{12.0} : \frac{7.7}{1.0} \approx 7.69 : 7.70 \approx 1 : 1$である。したがって組成式は、$CH$である。

(2) 組成式の相対式量は、

$E = 12.0 + 1.0 = 13.0$である。モル質量から、$k = \frac{78.0}{13.0} = 6$となる。

項目	値
組成式	CH
相対式量	13.0
倍率k	6
分子式	C_6H_6

検算すると、C_6H_6 のモル質量は $(6 \times 12.0 + 6 \times 1.0)\,\mathrm{g\,mol^{-1}} = 78.0\,\mathrm{g\,mol^{-1}}$ となり、与えられた値と一致する。また炭素の質量割合は、$\frac{72.0}{78.0} \times 100\% \approx 92.3\%$であり、水素の割合も 7.7% となるため条件と一致する。

解答 3

(1) 燃焼生成物から炭素と水素の量を求める。

二酸化炭素の物質量は、$0.880 \div 44.0 = 0.0200\,\mathrm{mol}$である。二酸化炭素中の炭素の物質量は同じなので、$n_C = 0.0200\,\mathrm{mol}$となる。水の物質量は、$0.360 \div 18.0 = 0.0200\,\mathrm{mol}$である。水中の水素は 2 倍含まれるため、$n_H = 2 \times 0.0200 = 0.0400\,\mathrm{mol}$となる。質量へ戻すと、

元素	物質量	質量
C	$0.0200\,\mathrm{mol}$	$0.240\,\mathrm{g}$
H	$0.0400\,\mathrm{mol}$	$0.0400\,\mathrm{g}$

試料全体は $0.440\,\mathrm{g}$ なので、酸素の質量は、$0.440 - 0.240 - 0.0400 = 0.160\,\mathrm{g}$である。酸素の物質量は、$0.160 \div 16.0 = 0.0100\,\mathrm{mol}$となる。したがって、$0.0200 : 0.0400 : 0.0100 = 2 : 4 : 1$より、組成式は$C_2H_4O$である。

(2) 組成式の相対式量は、

$E = 2 \times 12.0 + 4 \times 1.0 + 16.0 = 44.0$である。モル質量から、$k = \frac{88.0}{44.0} = 2$となる。

項目	値
組成式	C_2H_4O
相対式量	44.0
倍率k	2
分子式	$C_4H_8O_2$

検算すると、$C_4H_8O_2$ のモル質量は $(4 \times 12.0 + 8 \times 1.0 + 2 \times 16.0)\,\mathrm{g\,mol^{-1}} = 88.0\,\mathrm{g\,mol^{-1}}$ となり、与えられた値と一致する。また、分子式の原子数比は $4 : 8 : 2 = 2 : 4 : 1$ であり、燃焼分析から得た組成比と一致する。

試料の物質量は $0.440\,\frac{\mathrm{g}}{88.0\,\mathrm{g\,mol^{-1}}} = 0.00500\,\mathrm{mol}$ である。$C_4H_8O_2$ の完全燃焼では、試料 1 mol から二酸化炭素 4 mol と水 4 mol が生じるので、両者はそれぞれ $0.0200\,\mathrm{mol}$ 生じる。質量は二酸化炭素が $0.0200\,\mathrm{mol} \times 44.0\,\mathrm{g\,mol^{-1}} = 0.880\,\mathrm{g}$、水が $0.0200\,\mathrm{mol} \times 18.0\,\mathrm{g\,mol^{-1}} = 0.360\,\mathrm{g}$ となり、与えられた結果に一致する。

解答 4

(1) 元素の物質量を求める。

元素	質量	物質量
C	$0.240\,\mathrm{g}$	$0.240 \div 12.0 = 0.0200\,\mathrm{mol}$
H	$0.0300\,\mathrm{g}$	$0.0300 \div 1.0 = 0.0300\,\mathrm{mol}$

物質量比は、$0.0200 : 0.0300 = 1 : 1.5$である。これは最簡整数比ではないため、全項を同じ倍率で整数化する。$1 : 1.5 = 2 : 3$。したがって組成式は、C_2H_3である。

(2) 組成式の相対式量は、

$E = 2 \times 12.0 + 3 \times 1.0 = 27.0$である。モル質量から、$k = \frac{54.0}{27.0} = 2$となる。

項目	値
組成式	C_2H_3
相対式量	27.0
倍率k	2
分子式	C_4H_6

$1 : 1.5$ を $1 : 2$ へ丸めてはいけない理由は、比そのものが変化し、元素の原子数比を正しく表せなくなるためである。

最簡整数化では全ての項に同じ倍率を掛ける。近い数字へ一方的に変更する操作ではない。

解答 5

(1) 組成式は CH_2O である。

相対式量は、$E = 12.0 + 2 \times 1.0 + 16.0 = 30.0$である。物質 A では、$k = \frac{60.0}{30.0} = 2$となる。組成式 CH_2O の全ての添字を 2 倍するので、A の分子式は $C_2H_4O_2$ である。物質 B では、$k = \frac{90.0}{30.0} = 3$となる。組成式 CH_2O の全ての添字を 3 倍するので、B の分子式は $C_3H_6O_3$ である。

物質	モル質量	倍率k	分子式
A	$60.0\,\mathrm{g\,mol^{-1}}$	2	$C_2H_4O_2$
B	$90.0\,\mathrm{g\,mol^{-1}}$	3	$C_3H_6O_3$

(2) 元素組成から分かるのは、原子数の最簡比までである。

CH_2O と同じ比を持つ分子でも、分子全体の大きさによって原子数は変化する。そのため、元素組成だけでは分子式を 1 つに決められない。分子式を決めるには、モル質量など分子全体の大きさを示す追加情報が必要である。

構造式の決定には、さらに別の情報が必要である。

©ミライコーチング

解答 6

(1) 記された解答が誤りである理由は、質量比をそのまま化学式の添字にしているためである。

質量を原子量で割って物質量比へ変換する必要がある。

元素	質量比	物質量比
C	24.0	$24.0 \div 12.0 = 2$
H	6.0	$6.0 \div 1.0 = 6$
O	16.0	$16.0 \div 16.0 = 1$

したがって物質量比は、$2 : 6 : 1$であり、組成式は、C_2H_6Oである。組成式の相対式量は、$E = 2 \times 12.0 + 6 \times 1.0 + 16.0 = 46.0$である。モル質量は $46.0\,\mathrm{g\,mol^{-1}}$ なので、$k = \frac{46.0}{46.0} = 1$となる。

項目	値
組成式	C_2H_6O
相対式量	46.0
倍率k	1
分子式	C_2H_6O

(2) 別の記録でモル質量が $23.0\,\mathrm{g\,mol^{-1}}$ の場合、

$k = \frac{23.0}{46.0} = 0.5$となる。分子式は組成式の全添字を同じ正整数倍したものでなければならないため、$k = 0.5$ は条件を満たさない。したがって、この記録は組成比と整合しない。0.5 を都合よく整数化して分子式を作ることはできない。

測定条件や記録値を再確認する必要がある。