高校化学 L01 第 27 講 原子量と相対質量

この講でできるようになること

- 原子 1 個の質量を、共通の基準に対する比として表す考え方を説明できる。
- 炭素 12 を基準とする相対質量の定義を用いて、原子どうしの質量を比較できる。
- 同位体の相対質量と存在比から、元素の原子量を求められる。
- 原子 1 個の相対質量と、元素としての平均である原子量を区別できる。

原子の質量を比で表す

非常に小さな質量をそのまま比べない

原子 1 個の質量は非常に小さい。
そこで、原子 1 個の質量を毎回 g などの非常に小さな値で表す代わりに、共通の基準となる質量を決め、その何倍かで表すと比較しやすい。
このような比による表し方が、原子の**相対質量**である。

炭素 12 を基準にする

相対質量の基準

炭素 12 原子 1 個の質量の$\frac{1}{12}$を、相対質量を決める基準の質量とする。
この基準の質量をm_0とすると、

$$m_0 = \frac{\text{炭素 12 原子 1 個の質量}}{12}$$

である。

炭素 12 そのものを 1 とするわけではない

比較の基準は、炭素 12 原子 1 個の質量そのものではなく、その$\frac{1}{12}$である。
したがって、炭素 12 原子 1 個の相対質量は定義によって **12** となる。

©ミライコーチング

相対質量は基準の何倍かを表す

相対質量

ある原子 1 個の質量をm、基準の質量をm_0とすると、その原子の相対質量Rは

$$R = \frac{m}{m_0}$$

で表される。
また、

$$m_0 = \frac{m(\text{炭素 } 12)}{12}$$

なので、

$$R = \frac{12m}{m(\text{炭素 } 12)}$$

とも表せる。

相対質量に単位は付かない

mとm_0はどちらも質量なので、g など同じ単位をもつ。
相対質量Rは同じ単位をもつ質量どうしを割った比であるため、単位をもたない。
原子そのものの大きさと、原子の質量は別の量である。

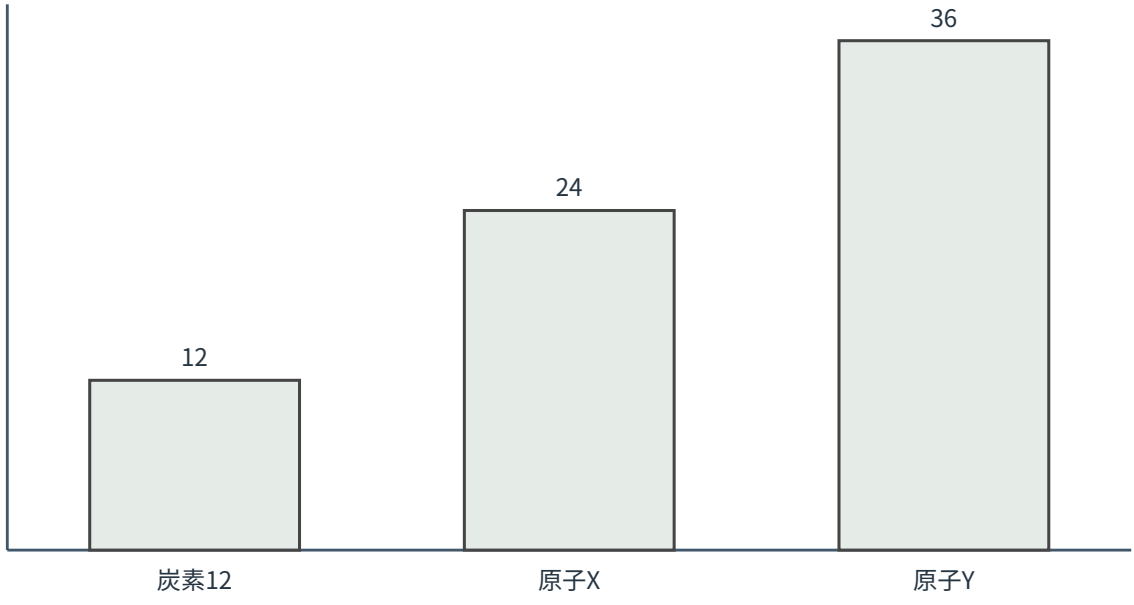

図 1　相対質量の比較（単位なし）

原子	相対質量
炭素 12	12
原子 X	24
原子 Y	36

棒の高さは質量の比を表す

この図では、学習用の原子 X の相対質量を 24、原子 Y を 36 と仮定している。
X の質量は炭素 12 原子 1 個の **2 倍**、Y の質量は炭素 12 原子 1 個の **3 倍**である。
また、Y の質量は X の$\frac{36}{24} = 1.5$倍である。
棒の高さは質量の比を表しており、原子の大きさを表しているわけではない。

相対質量どうしの比から実際の質量比が分かる

共通の基準は比をとると消える

原子 A、B の質量をそれぞれm_{A}、m_{B}、相対質量をR_{A}、R_{B}とする。
相対質量の定義から、

$$R_{\mathrm{A}} = \frac{m_{\mathrm{A}}}{m_0}, \qquad R_{\mathrm{B}} = \frac{m_{\mathrm{B}}}{m_0}$$

である。
したがって、

$$\frac{R_{\mathrm{A}}}{R_{\mathrm{B}}} = \frac{m_{\mathrm{A}}}{m_{\mathrm{B}}}$$

となる。
同じ基準m_0を使っているので、相対質量どうしの比をとれば、そのまま原子 1 個どうしの質量比になる。

---

12 基準と単純な比を区別する

炭素 12 の相対質量は 12 であり、「炭素 12 を 1 とした比」とは表し方が異なる。
相対質量では、炭素 12 原子 1 個の質量の$\frac{1}{12}$を 1 とする。

原子量は同位体の平均である

同じ元素にも質量の異なる原子がある

同じ元素でも、同位体によって原子 1 個の相対質量は異なる。
そのため、元素全体の質量を代表する値を考えるときには、各同位体の相対質量を、自然界などでの存在比に応じて平均する。

原子量

元素を構成する各同位体の相対質量を、その**原子の個数割合で重み付けして平均した値**を原子量という。
原子量も相対質量と同じく、単位をもたない。

存在比を使った加重平均

仮想的な元素について、相対質量 10.0 の同位体が 20.0%、相対質量 11.0 の同位体が 80.0% 存在するとする。
原子量は、

$$10.0 \times 0.200 + 11.0 \times 0.800 = 10.8$$

となる。

相対質量 11.0 の同位体の方が多く存在するため、平均値である原子量 10.8 は 11.0 に近くなる。

相対質量・原子量・質量数を区別する

用語	表しているもの	単位
相対質量	原子 1 個の質量を基準と比べた値	なし
原子量	各同位体の相対質量を存在比で平均した値	なし
質量数	原子核中の陽子数と中性子数の合計	なし

原子量が 10.8 だからといって、相対質量 10.8 の同位体が実際に存在するとは限らない。

例題

例題 1

学習用原子 A の質量が、炭素 12 原子 1 個の質量の 2.5 倍であるとする。また、学習用原子 B の相対質量は 20 である。
1. 原子 A の相対質量を求めよ。
2. 原子 A の質量は、原子 B の質量の何倍か求めよ。

解答・解説

1.
炭素 12 原子 1 個の相対質量は 12 である。
原子 A の質量は炭素 12 原子 1 個の 2.5 倍なので、

$$12 \times 2.5 = 30$$

となる。
したがって、原子 A の相対質量は **30** である。
2.
原子 A と原子 B では同じ基準を使って相対質量を表しているので、相対質量の比がそのまま質量比になる。

$$\frac{30}{20} = 1.5$$

したがって、原子 A の質量は原子 B の質量の **1.5 倍**である。

例題 2

仮想元素 Z には、次の 2 種類の同位体だけが存在するとする。

同位体	相対質量	存在比
同位体 1	24.0	75.0%
同位体 2	26.0	25.0%

1. 元素 Z の原子量を求めよ。
2. 原子量と同じ相対質量をもつ原子が必ず存在するといえるか答え、その理由を説明せよ。

解答・解説

1.
存在比を小数で表すと、75.0% は 0.750、25.0% は 0.250 である。

したがって、

$$24.0 \times 0.750 + 26.0 \times 0.250 = 18.0 + 6.50$$
$$= 24.5$$

となる。
元素 Z の原子量は **24.5** である。
2.
必ず存在するとはいえない。
原子量は、各同位体の相対質量を存在比に応じて平均した値だからである。
この設定では存在する同位体の相対質量は 24.0 と 26.0 だけなので、相対質量 24.5 の原子は存在しない。

演習問題

演習 1

炭素 12 を基準とする相対質量について答えよ。
1. 炭素 12 原子 1 個の相対質量はいくつか。また、基準の質量m_0は炭素 12 原子 1 個の質量の何倍か答えよ。
2. 原子 1 個の実際の質量を g で表すことがあるのに、相対質量には g を付けない理由を説明せよ。

演習 2

学習用原子 P の質量は、炭素 12 原子 1 個の質量の 4 倍である。また、学習用原子 Q の相対質量は 16 である。
1. 原子 P の相対質量を求めよ。
2. 原子 P の質量は原子 Q の質量の何倍か求めよ。

演習 3

計算用の近似値として、$m_0 = 1.66 \times 10^{-24}$ gとする。
ある原子 1 個の質量が3.32×10^{-23} gである。
1. この原子の相対質量を求めよ。
2. 相対質量 30.0 の別の原子 1 個の質量を求めよ。答えは 3 桁の有効数字で表せ。

演習 4

仮想元素 T は、次の 2 種類の同位体だけからなる。

同位体	相対質量	存在比
同位体 1	40.0	80.0%
同位体 2	42.0	20.0%

1. 元素 T の原子量を求めよ。
2. 相対質量 40.0 と 42.0 を単純に平均して 41.0 とするのが適切でない理由を説明せよ。

©ミライコーチング

演習問題の解答・解説

解答 1

1.

炭素 12 原子 1 個の相対質量は **12** である。
基準の質量m_0は、

$$m_0 = \frac{\text{炭素 12 原子 1 個の質量}}{12}$$

なので、炭素 12 原子 1 個の質量の$\frac{1}{12}$倍である。

2.

相対質量は、対象となる原子 1 個の質量を基準の質量m_0で割った比だからである。
分子と分母には同じ質量の単位が付くので、割ると単位が打ち消される。
したがって、相対質量には g などの単位を付けない。

解答 2

1.

炭素 12 原子 1 個の相対質量は 12 である。
原子 P の質量はその 4 倍なので、

$$12 \times 4 = 48$$

となる。
したがって、原子 P の相対質量は **48** である。

2.

原子 P と原子 Q の質量比は、相対質量の比に等しい。

$$\frac{48}{16} = 3$$

したがって、原子 P の質量は原子 Q の質量の **3 倍**である。

解答 3

1.

相対質量Rは、

$$R = \frac{m}{m_0}$$

である。
したがって、

$$\begin{aligned} R &= \frac{3.32 \times 10^{-23}}{1.66 \times 10^{-24}} \\ &= \frac{3.32}{1.66} \times 10 \\ &= 20.0 \end{aligned}$$

となる。
相対質量は **20.0** である。

2.

相対質量 30.0 の原子 1 個の質量をmとすると、

$$m = 30.0 m_0$$

である。
したがって、

$$\begin{aligned} m &= 30.0 \times 1.66 \times 10^{-24} \ \text{g} \\ &= 49.8 \times 10^{-24} \ \text{g} \\ &= 4.98 \times 10^{-23} \ \text{g} \end{aligned}$$

となる。
答えは4.98×10^{-23} gである。

解答 4

1.

存在比を小数で表すと、80.0% は 0.800、20.0% は 0.200 である。
したがって、

$$\begin{aligned} 40.0 \times 0.800 + 42.0 \times 0.200 &= 32.0 + 8.40 \\ &= 40.4 \end{aligned}$$

となる。
元素 T の原子量は **40.4** である。

2.

2 種類の同位体の存在比が等しくないためである。
相対質量 40.0 の同位体が 80.0% を占め、相対質量 42.0 の同位体は 20.0% なので、平均には相対質量 40.0 の方が強く反映される。
そのため、単純平均 41.0 ではなく、存在比を重みとして計算した 40.4 となる。