高校化学 L01 第 12 講 同位体・放射性同位体と原子質量

この講でできるようになること

- 同じ元素の同位体を、陽子数と中性子数の違いから区別できる。
- 原子番号と質量数から、陽子数・中性子数を判断できる。
- 同位体の相対質量と存在比から、元素の平均的な原子量を求め、その意味を説明できる。
- 放射性同位体の性質と、年代測定や医療での代表的な利用を資料から判断できる。

同位体は陽子数が同じで中性子数が異なる

同じ元素でも中性子数が異なることがある

元素の種類は原子核に含まれる**陽子数**によって決まる。したがって、同じ元素の原子では陽子数は同じである。
一方、同じ元素でも中性子数が異なる原子が存在する。このように、**陽子数が同じで、中性子数が異なる原子どうし**を同位体という。
同位体を区別するときは、陽子数を同じに保ったまま中性子数を比べることが重要である。

質量数

質量数とは、原子核に含まれる陽子数と中性子数の合計である。

$$\text{質量数} = \text{陽子数} + \text{中性子数}$$

質量数は原子核内の粒子の個数を表すため、整数である。

炭素 12・炭素 13・炭素 14 を比べる

炭素の原子番号は 6 なので、炭素の原子核には必ず陽子が 6 個ある。
炭素 12、炭素 13、炭素 14 では、陽子数は同じであるが中性子数が異なる。

名称	陽子数	中性子数	質量数
炭素 12	6	6	12
炭素 13	6	7	13
炭素 14	6	8	14

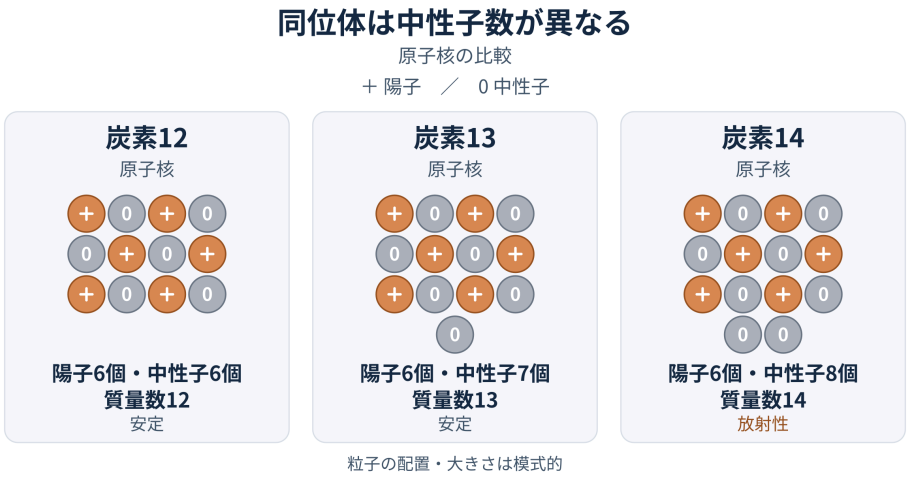


図 1　炭素の同位体の原子核を比べる

この図は原子核だけを比べた模式図であり、電子は描いていない。粒子の配置や大きさも実際の縮尺ではなく、陽子数と中性子数を比較するための表現である。
炭素 12 と炭素 13 は安定な同位体であり、炭素 14 は放射性同位体である。すべての同位体が放射性というわけではない。

原子番号と質量数を区別する

- 原子番号：陽子数
- 質量数：陽子数＋中性子数

たとえば、炭素 14 では原子番号は 6、質量数は 14 であり、中性子数は $14-6=8$ 個である。
その原子が中性なら電子数も 6 個であるが、電子数は質量数には含めない。

質量数と原子の質量は同じ意味ではない

質量数は個数、相対質量は質量の比較

質量数は、陽子数と中性子数の合計という**粒子の個数**を表す整数である。
一方、原子 1 個の質量を比較するときには**相対質量**を用いる。相対質量は、炭素 12 原子 1 個の質量を 12 としたとき、それと比べて原子 1 個の質量がどれくらいかを表す数である。
相対質量には単位を付けない。
質量数が 13 だからといって、炭素 13 の相対質量が厳密に 13 であるとは限らない。入門段階では、**質量数と相対質量は別の量である**ことを区別しておくことが重要である。

同位体の存在比から原子量を考える

存在比

同じ元素の各同位体が、原子の個数としてどの割合で存在するかを**存在比**という。
存在比は質量の割合ではなく、原子の個数の割合である。百分率で表す場合、同位体の存在比の合計は 100% となる。

原子量

元素の**原子量**は、その元素に含まれる各同位体の相対質量を、存在比に応じて平均した値である。
存在量の多い同位体ほど、平均への影響が大きくなる。
原子量も相対的な値なので、単位を付けない。

単純平均ではなく加重平均する

学習用の仮想元素 X に、次の 2 種類の同位体が存在するとする。

同位体	相対質量	存在比
X-20	20.0	90.0%
X-22	22.0	10.0%

百分率を割合に直すと、90.0% は 0.900、10.0% は 0.100 である。
したがって、元素 X の原子量は
$20.0 \times 0.900 + 22.0 \times 0.100 = 20.2$
となる。

©ミライコーチング

20.0 と 22.0 を単純に平均して 21.0 とするのは適切ではない。X-20 の方が多く存在するため、平均値は 20.0 に近くなる。
原子量が各同位体の相対質量の間にあり、存在比の大きい方に近いことは、計算結果を確認する手掛かりになる。

放射性同位体

放射性同位体

原子核が不安定で、時間の経過とともに変化し、放射線を出す同位体を**放射性同位体**という。
放射線は目に見える光そのものという意味ではない。

炭素 14 による年代測定

炭素 14 は放射性同位体である。
生物は生きている間、周囲との物質のやり取りを通じて炭素を取り込んでいる。生物が死ぬと新たな炭素の取り込みが止まり、その後は試料中の炭素 14 が時間とともに減少していく。
この性質を利用すると、木片や木炭など、生物に由来する炭素を含む試料について、残っている炭素 14 を手掛かりに年代を推定できる。
炭素 14 による年代測定を、あらゆる石や金属の年代測定へそのまま用いるわけではない。

放射性同位体を目印として利用する

放射性同位体は、放射線を検出できる性質を利用して、物質がどこに分布しているかを調べる**トレーサー**として使われることがある。
医療では、たとえばフッ素 18 を含む薬剤を用い、その分布を放射線の検出によって調べる PET という検査がある。
このような利用では、放射性同位体を「目印」として利用している。医療での放射性同位体は専門家の管理のもとで扱われる。

例題

例題 1

次の表は、ある 3 種類の原子 A、B、C について、陽子数と中性子数を示したものである。

原子	陽子数	中性子数
A	8	8
B	8	10
C	9	10

1. A と B が同じ元素の同位体である理由を説明せよ。
2. B の原子番号と質量数をそれぞれ答えよ。

解答・解説

1.
A と B は、どちらも陽子数が 8 であり、中性子数が 8 個と 10 個で異なるため、同じ元素の同位体である。
同位体を判断するときは、まず陽子数が同じであることを確認し、そのうえで中性子数が異なるかを見る。

2.
原子番号は **8**、質量数は **18** である。
原子番号は陽子数なので 8 である。
質量数は陽子数と中性子数の合計なので、
$8 + 10 = 18$
となる。

例題 2

仮想元素 X には、相対質量 20.0 の同位体と相対質量 22.0 の同位体があり、存在比はそれぞれ 90.0%、10.0% である。
1. 元素 X の原子量を求めよ。
2. 答えが単純平均の 21.0 より 20.0 に近くなる理由を説明せよ。

解答・解説

1.
存在比を割合に直すと、90.0% は 0.900、10.0% は 0.100 である。
したがって、
$20.0 \times 0.900 + 22.0 \times 0.100 = 20.2$
より、原子量は **20.2** である。
2.
相対質量 20.0 の同位体が 90.0% と多く、相対質量 22.0 の同位体は 10.0% しか存在しないためである。
原子量は存在比を考慮した平均なので、多く存在する同位体の相対質量に近い値になる。

例題 3

次の二つの資料を考える。
- 資料 A：古い木片に残る炭素 14 を調べ、木片がいつごろ生きていた植物に由来するかを推定する。
- 資料 B：フッ素 18 を含む薬剤の体内での分布を、放射線を検出して調べる。

1. 資料 A では、放射性同位体のどのような性質を利用しているか説明せよ。
2. 資料 B の利用は、年代測定とトレーサーのどちらに当たるか答え、理由を説明せよ。

解答・解説

1.
炭素 14 が放射性同位体であり、時間の経過とともに試料中で減少していく性質を利用している。
かつて生物の一部だった木片では、残っている炭素 14 を手掛かりに年代を推定できる。
2.
トレーサーとしての利用である。
フッ素 18 の崩壊に伴って生じる放射線を検出することで、フッ素 18 を含む薬剤が体内のどこに分布しているかを調べるためである。

©ミライコーチング

演習問題

演習 1

次の原子について答えよ。
- 原子 P：陽子 6 個、中性子 6 個
- 原子 Q：陽子 6 個、中性子 8 個

1. P と Q が同位体である理由を説明せよ。
2. P と Q の質量数をそれぞれ答えよ。

演習 2

ある中性原子 R は、原子番号が 12 で、中性子を 13 個もつ。
1. R の陽子数と電子数をそれぞれ答えよ。
2. R の質量数を答えよ。

演習 3

学習用の仮想元素 Y には、相対質量 30.0 と 32.0 の 2 種類の同位体があり、その存在比はそれぞれ 75.0%、25.0% である。
1. 元素 Y の原子量を求めよ。
2. この原子量が 32.0 より 30.0 に近くなる理由を説明せよ。

演習 4

放射性同位体について答えよ。
1.「同位体はすべて放射性である」という説明は正しいか答え、理由を炭素 12・炭素 13・炭素 14 を例に説明せよ。
2. 放射性同位体をトレーサーとして利用できるのは、どのような性質を利用しているからか説明せよ。

演習 5

ある資料には、「出土した木炭に残る炭素 14 を調べ、その木炭の年代を推定した」とある。この利用が炭素 14 による年代測定に適している理由を説明せよ。

©ミライコーチング

演習問題の解答・解説

解答 1

1.

P と Q は、どちらも陽子を 6 個もち、中性子数が 6 個と 8 個で異なるため、同じ元素の同位体である。
同位体では陽子数は同じで、中性子数が異なる。

2.

P の質量数は **12**、Q の質量数は **14** である。
P では、
$6 + 6 = 12$
Q では、
$6 + 8 = 14$
となる。

解答 2

1.

陽子数は **12 個**、電子数も **12 個**である。
原子番号は陽子数なので、陽子は 12 個である。また、この原子は中性なので、電子数は陽子数と等しく 12 個である。

2.

質量数は **25** である。
陽子数 12 個と中性子数 13 個の合計なので、
$12 + 13 = 25$
となる。

解答 3

1.

存在比を割合に直すと、75.0% は 0.750、25.0% は 0.250 である。
したがって、
$30.0 \times 0.750 + 32.0 \times 0.250 = 30.5$
より、原子量は **30.5** である。
存在比の合計も $75.0\% + 25.0\% = 100.0\%$ となっている。

2.

相対質量 30.0 の同位体が 75.0% と多く、相対質量 32.0 の同位体は 25.0% だからである。
原子量は存在比を考慮した平均なので、より多く存在する 30.0 の方に近い値になる。

©ミライコーチング

解答 4

1.

正しくない。
炭素 12、炭素 13、炭素 14 はいずれも炭素の同位体であるが、炭素 12 と炭素 13 は安定であり、炭素 14 は放射性同位体である。
したがって、同位体であることと放射性であることは同じ意味ではない。

2.

放射性同位体が放射線を出し、その放射線を検出できる性質を利用しているからである。
放射性同位体を含む物質を目印として、その分布などを調べることができる。

解答 5

木炭は植物に由来する炭素を含む試料だからである。
植物が生きている間は炭素を取り込むが、死後は新たな炭素の取り込みが止まり、含まれていた炭素 14 は時間とともに減少していく。
そのため、木炭に残る炭素 14 を調べることで、その試料の年代を推定する手掛かりが得られる。

©ミライコーチング