高校化学 L01 第 79 講 溶液濃度の表し方

対象：高 2 相当

この講でできるようになること

- 質量モル濃度の意味と単位を説明できる。
- 質量モル濃度・モル濃度・質量パーセント濃度の基準となる量を区別できる。
- 質量、物質量、溶媒質量、溶液体積、密度から各濃度を求められる。
- 温度変化によって変わり得る濃度と、同じ閉じた溶液では変わらない濃度を区別できる。

1. 同じ溶液でも濃度の表し方は一つではない

何を 1 単位とするかで濃度の数値が変わる

濃度は、溶液中に溶質がどの程度含まれているかを表す量である。しかし、何を基準にして溶質量を比べるかによって、同じ溶液でも異なる濃度の数値がつく。

本講では、質量モル濃度、モル濃度、質量パーセント濃度を比較する。最も重要なのは、**分母が溶媒なのか溶液なのか、質量なのか体積なのか**を確認することである。

三つの濃度の基準

質量モル濃度を b、モル濃度を c とする。それぞれの定義は次の通りである。

$$b = \frac{\text{溶質の物質量}}{\text{溶媒の質量}}$$

質量モル濃度では溶媒の質量を kg で表し、単位は $\mathrm{mol\,kg^{-1}}$ である。

$$c = \frac{\text{溶質の物質量}}{\text{溶液の体積}}$$

モル濃度では溶液の体積を L で表し、単位は $\mathrm{mol\,L^{-1}}$ である。

$$\text{質量パーセント濃度} = \frac{\text{溶質の質量}}{\text{溶液の全質量}} \times 100$$

質量パーセント濃度では、溶質質量を溶液全体の質量で割る。例えば 10.0 % は割合としては 0.100 であり、10.0 と 0.100 を混同してはいけない。

2. 溶媒と溶液を区別する

三つの分母を同じ溶液で比べる

グルコース 18.0 g を水 180 g に溶かし、20 ℃での溶液の最終体積が 190 mL であったとする。グルコースのモル質量は $180\,\mathrm{g\,mol^{-1}}$ とする。

このとき、質量モル濃度では水 180 g、モル濃度では溶液 190 mL、質量パーセント濃度では溶液全体 198 g を基準にする。

©ミライコーチング

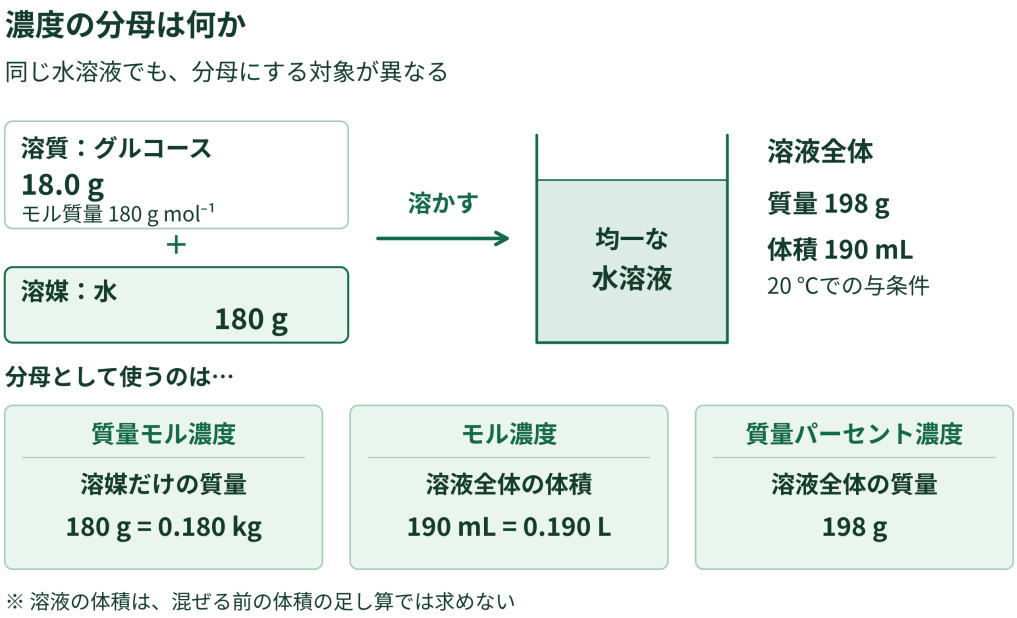


図 1　同じ溶液でも、濃度の種類によって基準となる量が異なる。

溶液体積 190 mL はこの溶液について与えられた値であり、水の体積とグルコースの体積を単純に加えて求めたものではない。

水 1kg と溶液 1L を同一視しない

質量モル濃度の分母は**溶媒の質量**、モル濃度の分母は**溶液の体積**である。 したがって、「水 1 kg だから溶液も 1 L」と置き換えて計算してはいけない。溶液の体積が必要なら、問題で与えられた体積や密度などから求める。

3. 密度から溶液体積を求める

質量と密度から体積へ変換する

溶液の質量と密度が与えられていれば、モル濃度に必要な溶液体積を求めることができる。

溶液の密度を $\rho\,\mathrm{g\,mL^{-1}}$、溶液の質量を $m_{\mathrm{solution}}\,\mathrm{g}$ とすると、溶液体積は $V = \dfrac{m_{\mathrm{solution}}}{\rho}\,\mathrm{mL}$ で求める。

ここで使う密度は**溶液全体の密度**である。溶媒だけの密度を用いて溶液体積を求めてはいけない。

4. 温度変化と濃度

質量基準と体積基準では温度の影響が異なる

反応・蒸発・漏れがなく、同じ閉じた溶液の温度だけを変える場合を考える。溶質の物質量と溶媒の質量は変わらないため、質量モル濃度 b は変化しない。

質量パーセント濃度も、溶質質量と溶液全質量が変わらないので一定である。一方、溶液体積は温度によって変化し得るため、モル濃度 c は変化することがある。

©ミライコーチング

例題

例題 1

グルコース 18.0 g を水 180 g に完全に溶かした。グルコースのモル質量は $180\,\mathrm{g\,mol^{-1}}$ とし、グルコースと水の損失や反応はないものとする。

1. この溶液の質量モル濃度を求めよ。
2. この溶液の質量パーセント濃度を求め、質量モル濃度との分母の違いを説明せよ。

解答・解説

1.
グルコースの物質量は $\frac{18.0}{180} = 0.100\,\mathrm{mol}$ である。溶媒である水 180 g は 0.180 kg なので、質量モル濃度は $b = \frac{0.100}{0.180} = 0.555\ldots\,\mathrm{mol\,kg^{-1}}$ となる。 したがって、答えは$\mathbf{0.556\,mol\,kg^{-1}}$である。

2.
溶液全体の質量は $18.0 + 180 = 198\,\mathrm{g}$ である。したがって、質量パーセント濃度は $\frac{18.0}{198} \times 100 = 9.09\%$ となる。

質量モル濃度は**溶媒の質量 0.180 kg** を分母にするのに対し、質量パーセント濃度は**溶液全体の質量 198 g** を分母にする。この問題では溶液体積が与えられていないため、モル濃度はこの情報だけでは求められない。

例題 2

20 ℃で質量パーセント濃度 10.0 %、密度 $1.04\,\mathrm{g\,mL^{-1}}$ のグルコース水溶液がある。グルコースのモル質量は $180\,\mathrm{g\,mol^{-1}}$ とする。

計算では、この水溶液 100 g を基準に考える。

1. この水溶液の質量モル濃度を求めよ。
2. この水溶液のモル濃度を求めよ。

解答・解説

1.
10.0 % 水溶液 100 g にはグルコース 10.0 g、水 90.0 g が含まれる。グルコースの物質量は $\frac{10.0}{180} = 0.0555\ldots\,\mathrm{mol}$、水 90.0 g は 0.0900 kg である。 したがって、$b = \frac{\frac{10.0}{180}}{0.0900} = 0.617\ldots\,\mathrm{mol\,kg^{-1}}$ となる。答えは$\mathbf{0.617\,mol\,kg^{-1}}$であり、基準にした 100 g 全体を溶媒質量としてはいけない。

2.
密度は溶液全体についての値なので、100 g の溶液体積は $\frac{100}{1.04} = 96.15\ldots\,\mathrm{mL} = 0.09615\ldots\,\mathrm{L}$ である。 したがって、$c = \frac{\frac{10.0}{180}}{0.09615\ldots} = 0.577\ldots\,\mathrm{mol\,L^{-1}}$ となる。答えは$\mathbf{0.578\,mol\,L^{-1}}$である。

©ミライコーチング

例題 3

グルコース 0.100 mol と水 200 g からなる同じ水溶液について、20 ℃と 40 ℃の状態を比較する。加熱中に溶質・溶媒の出入り、蒸発による損失、化学反応は起こらないものとする。

20 ℃での溶液体積は 200 mL、40 ℃での溶液体積は 202 mL である。

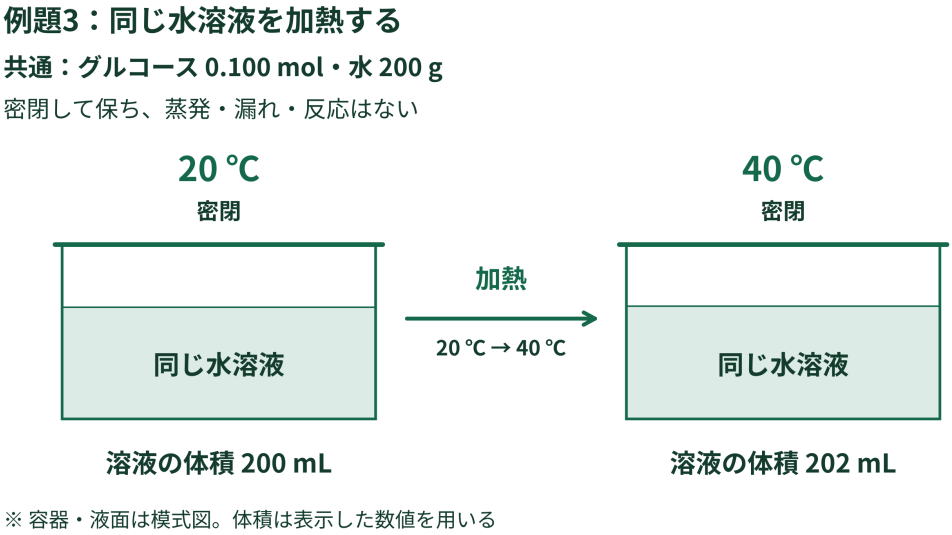


図 2　同じ溶液を温度だけ変えて比較する条件。

1. 20 ℃と 40 ℃での質量モル濃度をそれぞれ求めよ。
2. 20 ℃と 40 ℃でのモル濃度をそれぞれ求め、値が変化する理由を説明せよ。

解答・解説

1.

水 200 g は 0.200 kg であり、温度を変えても溶媒の質量は変わらない。溶質の物質量も 0.100 mol のままである。 したがって、両温度で $b = \dfrac{0.100}{0.200} = 0.500\,\mathrm{mol\,kg^{-1}}$ となる。答えは **20 ℃、40 ℃ともに $0.500\,\mathrm{mol\,kg^{-1}}$** である。

2.

20 ℃では溶液体積が 0.200 L なので、$c = \dfrac{0.100}{0.200} = 0.500\,\mathrm{mol\,L^{-1}}$ である。

40 ℃では溶液体積が 0.202 L なので、$c = \dfrac{0.100}{0.202} = 0.495\ldots\,\mathrm{mol\,L^{-1}}$ となる。答えは **20 ℃で $0.500\,\mathrm{mol\,L^{-1}}$、40 ℃で $0.495\,\mathrm{mol\,L^{-1}}$** であり、溶質量が同じでも溶液体積が変化したためモル濃度が変わる。

演習問題

以下では、グルコースのモル質量を $180\,\mathrm{g\,mol^{-1}}$、尿素のモル質量を $60.0\,\mathrm{g\,mol^{-1}}$ とする。いずれも非電解質として扱い、水と反応せず、指定した量はすべて溶解し、損失はないものとする。

演習 1

尿素 6.00 g を水 200 g に完全に溶かした。

1. この溶液の質量モル濃度を求めよ。
2. この溶液の質量パーセント濃度を求めよ。

演習 2

グルコース 36.0 g を水 500 g に完全に溶かした。20 ℃で測定した溶液の最終体積は 520 mL である。

1. この溶液の質量モル濃度を求めよ。
2. この溶液のモル濃度を求めよ。

演習 3

20 ℃で質量パーセント濃度 12.0 %、密度 $1.03\,\mathrm{g\,mL^{-1}}$ の尿素水溶液がある。

1. この水溶液の質量モル濃度を求めよ。
2. この水溶液のモル濃度を求めよ。

演習 4

水 250 g を用いて、質量モル濃度 $0.800\,\mathrm{mol\,kg^{-1}}$ の尿素水溶液を調製する。

1. 必要な尿素の質量を求めよ。
2. できた水溶液の質量パーセント濃度を求めよ。

演習 5

濃度の基準と温度変化について説明せよ。

1.「質量モル濃度 $0.500\,\mathrm{mol\,kg^{-1}}$ とは、溶液 1 kg 中に溶質 0.500 mol が含まれるという意味である」という説明の誤りを述べ、正しい基準を説明せよ。
2.「反応・蒸発・漏れのない同じ溶液なら、温度が変わってもモル濃度 c は必ず一定である」という説明が不適切な理由を、質量モル濃度 b との違いに触れて説明せよ。

演習問題の解答・解説

解答 1

1.

尿素 6.00 g の物質量は $\frac{6.00}{60.0} = 0.100\,\mathrm{mol}$ である。水 200 g は 0.200 kg なので、$b = \frac{0.100}{0.200} = 0.500\,\mathrm{mol\,kg^{-1}}$ となる。 答えは$\mathbf{0.500\,mol\,kg^{-1}}$である。

2.

溶液全体の質量は $6.00 + 200 = 206\,\mathrm{g}$ である。 質量パーセント濃度は $\frac{6.00}{206} \times 100 = 2.91\%$ となる。答えは **2.91 %** である。

解答 2

1.

グルコース 36.0 g の物質量は $\frac{36.0}{180} = 0.200\,\mathrm{mol}$ である。水 500 g は 0.500 kg なので、$b = \frac{0.200}{0.500} = 0.400\,\mathrm{mol\,kg^{-1}}$ となる。 答えは**$0.400\,\mathrm{mol\,kg^{-1}}$**である。

2.

溶液体積 520 mL は 0.520 L である。したがって、$c = \frac{0.200}{0.520} = 0.3846\ldots\,\mathrm{mol\,L^{-1}}$ となる。 答えは**$0.385\,\mathrm{mol\,L^{-1}}$**である。520 mL は問題で与えられた最終溶液体積であり、水の体積との単純加算から求めた値ではない。

解答 3

1.

水溶液 100 g を基準にすると、尿素は 12.0 g、水は 88.0 g である。尿素の物質量は $\frac{12.0}{60.0} = 0.200\,\mathrm{mol}$、水 88.0 g は 0.0880 kg である。 したがって、$b = \frac{0.200}{0.0880} = 2.27\ldots\,\mathrm{mol\,kg^{-1}}$ となる。答えは**$2.27\,\mathrm{mol\,kg^{-1}}$**である。

2.

溶液 100 g の体積は $\frac{100}{1.03} = 97.09\ldots\,\mathrm{mL} = 0.09709\ldots\,\mathrm{L}$ である。 したがって、$c = \frac{0.200}{0.09709\ldots} = 2.06\,\mathrm{mol\,L^{-1}}$ となる。答えは**$2.06\,\mathrm{mol\,L^{-1}}$**である。

解答 4

1.

水 250 g は 0.250 kg である。$b = \frac{n}{\text{溶媒質量}}$ より、必要な尿素の物質量は $n = 0.800 \times 0.250 = 0.200\,\mathrm{mol}$ である。 尿素の質量は $0.200 \times 60.0 = 12.0\,\mathrm{g}$ となる。答えは **12.0 g** である。

2.

できた溶液の全質量は $250 + 12.0 = 262\,\mathrm{g}$ である。 質量パーセント濃度は $\frac{12.0}{262} \times 100 = 4.58\%$ となる。答えは **4.58 %** であり、質量モル濃度の基準である水 250 g と、質量パーセント濃度の基準である溶液 262 g を区別する必要がある。

解答 5

1.

質量モル濃度の分母は溶液の質量ではなく、**溶媒の質量**である。 したがって、$0.500\,\mathrm{mol\,kg^{-1}}$ は「**溶媒 1 kg あたり溶質 0.500 mol**」を表す。溶液 1 kg あたりの物質量を表す濃度ではない。

2.

モル濃度 c は溶質の物質量を溶液体積で割った量なので、温度変化によって溶液体積が変われば値も変化し得る。

一方、質量モル濃度 b は溶質の物質量を溶媒質量で割る。反応・蒸発・漏れがなく、同じ溶液の温度だけが変わるなら溶質の物質量と溶媒質量は変わらないため、b は一定である。