

5.5 溶液を使った操作

体や植物の化学薬品の多くは水に溶けています、すなわちそれらは溶液です。生体系が化学を溶液中で行うように、化学者も同様です。その仕事を定量的にする必要があります。これを達成するには、均衡式やモルを使い続けますが、しかし固体、液体、気体の質量よりむしろ溶液の体積を測ります。溶液の濃度はリットルやミリリットル単位の溶液の体積をモル単位の物質の量に関係させます。

溶液濃度：モル濃度

濃度の概念は色々な状況で役に立ちます。例えば約 4,900,000 の人が Wisconsin に住んでいます、そして州の面積はおよそ 56,000 平方マイルです；従って平均人口密度は平方マイル当たりおよそ 88 人です。化学では、ある体積の溶液に溶けている溶質の量を、同じ方法で見出し、そして溶液の濃度(concentration)にします。溶液濃度は普通溶液 1 リットル当たりの溶質のモル数で報告され；これを溶液のモル濃度(molarity)と呼びます。

$$\text{モル濃度(molarity)} = \text{溶質のモル数} / \text{溶液のリットル数}$$

例えば、58.4 g 又は 1.00 モルの NaCl が十分な水に溶かされて 1.00 リットルの全溶液体積にすると、濃度 c は 1.00 mol/l、1.00 モル濃度です。これをしばしば 1.00 M に簡略化します、ここで大文字 M はリットル当たりのモル数を表します。

$$c_{\text{molarity}} = 1.00 \text{ M} = [\text{NaCl}]$$

他の一般的な表現方法は化合物の化学式を角括弧の中に置く方法です；溶質の濃度を溶液のリットル当たりに含まれる化合物のモル数で明記されたものです。最後に化学者はリットル当たりのモル数とモル濃度を互換的に使います。

モル濃度は、1 リットルの溶液当たりの溶質のモル数であることに(1 リットルの溶媒当たりではない)注意することが大切です。もし 1 リットルの水を 1 モルの固体化合物に加えると、その体積は恐らく正確には 1 リットルではなく、その濃度も正確には 1 モル濃度ではありません(Fig. 5.6)。ある濃度の溶液を調製する場合、溶質を必要とする溶液の体積よりも小さい体積の溶媒に溶かし、最後に溶媒で体積を調節します。

Fig. 5.6 CuSO₄ の 0.100-M 溶液を作るために、25.0 g、0.100 モルの CuSO₄•5 H₂O (青い結晶固体)を 1.00-L のメスフラスコに入れます。正確に 1.00 L の水を測りとり、メスフラスコにゆっくり加えました。溶液の体積が正確に 1.00 L になるように水を加えると、約 8 mL(小さな目盛り付きシリンダーでの量)の水が残りました。モル濃度が溶液 1 リットル当たりのモル数としての定義であり、水あるいは他の溶媒 1 リットル当たりではないことを強調しています。

非常に効果的な酸化剤の過マンガン酸カリウム KMnO₄、一時火傷の治療で殺菌剤として用いられましたが、この試薬は実験室での一般的な化学薬品です。光沢のある、紫黒色の固体で水に容易に溶解して深紫色の溶液になります。0.435 g の KMnO₄ を水に溶かして 250 mL の溶液にします(Fig. 5.7)。KMnO₄ のモル濃度はいくらかですか？いつもの通り、まず物質の質量をモルに換算します。

$$0.435 \text{ g KMnO}_4 \times (1 \text{ mol KMnO}_4 / 158.0 \text{ g KMnO}_4) = 0.00275 \text{ mol KMnO}_4$$

Fig. 5.7 (a) 0.0110-M の KMnO₄ 溶液は 0.435 g の KMnO₄ に水を加えて 0.250 L すると出来ます。(b) 正確な溶液の体積を確かなものにするために、KMnO₄ をメスフラスコに入れて、少量の水に溶かします。完全に溶解してから、十分な水を首の標線にまで加えます。(c) これでフラスコは 0.250 L の溶液です。

物質のモル数がわかりますと、これと溶液の体積-リットル単位で-と組み合わせて、モル濃度が与えられます。250 mL は 0.250 L に相当しますから、

$$\text{KMnO}_4 \text{ のモル濃度} = 0.00275 \text{ mol KMnO}_4 / 0.250 \text{ L 溶液} = 0.0110 \text{ M}$$

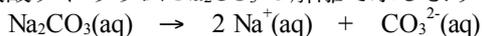
KMnO₄ 濃度は 0.0110 モル濃度、0.0110M です。これは役に立つ情報ですが、同様に溶液の各タイプのイオンの濃度を知ることも役に立ちます。三章では KMnO₄ を水に溶かすと、完全にそのイオン K⁺ と MnO₄⁻ に解離することを習いました(Fig. 5.8)。



Fig. 5.8 イオン性化合物溶液のイオン濃度。(a) KMnO₄ を水に溶解すると、1 モルの KMnO₄ について 1 モルの K⁺ と 1 モルの MnO₄⁻ イオンが生成します。(b) 1 モルの Na₂CO₃ を溶解すると 2 モルの Na⁺ イオンと 1 モルの CO₃²⁻ イオンが生成します。

1 モルの KMnO_4 は 1 モルの K^+ と 1 モルの MnO_4^- を生成します。従って、0.0110M の KMnO_4 は 0.0110M の K^+ 溶液を与え；同様に MnO_4^- の濃度も 0.0110M です。

イオン濃度のもう一つの例を炭酸ナトリウム Na_2CO_3 の解離で示します (Fig. 5.8 参照)。



1 モルの Na_2CO_3 を充分の水に溶かして、それを 1 リットルの溶液にします。ナトリウムイオンの濃度は $[\text{Na}^+] = 2 \text{ M}$ 、なぜなら加えた Na_2CO_3 のモル毎に化合物は 2 モルの Na^+ イオンに解離するからです。1 モルの Na_2CO_3 は 1 モルの CO_3^{2-} を生じますから、炭酸イオンの濃度は $[\text{CO}_3^{2-}] = 1 \text{ M}$ です、イオンの全濃度は 3 M です。

練習問題 5.8 溶液モル濃度

練習問題 5.9 溶液のイオン濃度

既知濃度の溶液を調製する

化学技術者は、しばしば既知の濃度の溶液を決まった量調製しなければなりません。問題はどれだけの質量の溶質を用いるかです。

Na_2CO_3 の 1.50-M 溶液を 2.00L 用意しなければならないとします。一瓶の固体の Na_2CO_3 と蒸留水があり、それに 2.00-L の容積測定用のフラスコ、その首に標線付いたフラスコがあります (Fig. 5.6, 5.7 参照)。フラスコが溶液により標線まで満たされると、正確に特定された容積の溶液が含まれます。溶液を調製するには、必要量の Na_2CO_3 を出来る限り正確に秤量し、注意して全ての固体を容積測定用フラスコに入れます、そして固体を溶かすためにいくらかの水を加えます。固体が完全に溶解した後、溶液の容積が 2.00 L になるようにさらに水を加えます。これで溶液は希望した濃度と特定した容積になります。

しかし 1.50-M Na_2CO_3 の溶液を 2.00 L 調製するのにどれだけの質量の Na_2CO_3 が必要ですか？いつものように、まず必要な物質のモル数を計算します。

$$2.00 \text{ L} \times (1.50 \text{ mol } \text{Na}_2\text{CO}_3 / 1 \text{ L 溶液}) = 3.00 \text{ mol } \text{Na}_2\text{CO}_3$$

Na_2CO_3 のモル数が分かりましたから、これをグラム単位の質量に換算します。

$$3.00 \text{ mol } \text{Na}_2\text{CO}_3 \times (106.0 \text{ g } \text{Na}_2\text{CO}_3 / 1 \text{ mol } \text{Na}_2\text{CO}_3) = 318 \text{ g } \text{Na}_2\text{CO}_3$$

このように、希望の溶液を調製するには、318 g の Na_2CO_3 を充分な水に溶かして、2.00 L の溶液にします。

練習問題 5.10 既知濃度の溶液を調製する

この炭酸ナトリウム溶液の調製は、既知の濃度の溶液を作る最も普通の方法です。別の方法は、濃厚な溶液で始めて、希望の濃度に達するまで水を加えて薄めていく方法です。コース実験で調製される溶液の多くは、恐らくこの希釈法で作られます。数リットルの濃厚溶液を貯え、それに水を加えて何リットルもの希釈溶液にする方がずっと効率的です。

希釈法の例として、化学分析に使うため、0.0010 M の重クロム酸カリウム溶液 500 mL が必要だとします。0.100 M $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 溶液が数リットル、蒸留水、ガラス器具があります。どのようにして必要な 0.0010 M 溶液を作りますか？方法はこうです、すなわち濃厚な $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 溶液をいくらか取り、フラスコに入れ、濃度が薄くなり過ぎないように、水を加え $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ がより大量の水に含まれようにします。

問題は既知濃度の溶液を特定量作ることです。容積と濃度が分かっていると、溶質のモル数も分かります。最終的な希釈溶液に含まれる $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ のモル数は従って、次式になります。

$$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \text{ のモル数} = 0.500 \text{ L} \times 0.0010 \text{ mol / L} = 0.00050 \text{ mol } \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$$

このモル数の $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ を含むより濃厚な溶液をフラスコに入れ、全容積が 500mL になるように薄めます。必要なモル数を含む 0.100 M $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ の容積は 5.0 mL です。

$$0.00050 \text{ mol } \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \times (1.00 \text{ L} / 0.100 \text{ mol } \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = 0.0050 \text{ L} \text{ または } 5.0 \text{ mL}$$

Fig. 5.9 にどのようにそのような溶液が調製される示してあります。

Fig. 5.9 (a) 希釈溶液の調製に必要な器具。(b) 5.0-mL の 0.100 M $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ の試料をメスピペットを使ってフラスコから取り出します。(c) 5.0 mL の試料を 500-mL のフラスコに移します。(d) 500.- mL フラスコの首の標線まで蒸留水で満たします、ここで希釈溶液の濃度は 0.0010 M です。

問題を解く鍵と考え方

5.5 希釈によって溶液を調製

例題 5.7 希釈によって溶液を調製

練習問題 5.11 希釈によって溶液を調製

練習問題 5.12 希釈によって溶液を調製

問題を解く鍵と考え方

5.6 モル、容積、及びモル濃度