高校化学 L01 第 83 講 浸透と浸透圧

対象：高 2 相当

この講でできるようになること

- 半透膜を通る水の正味の移動を、溶液の濃度と圧力条件から説明できる。
- 浸透圧を「浸透を止めるために必要な余分な圧力差」として説明できる。
- 希薄な非電解質溶液について、$\Pi V = nRT$ または $\Pi = cRT$ を用いて浸透圧を求められる。
- 二つの溶液を半透膜で隔てたとき、浸透を止めるために必要な圧力差を求められる。

1. 半透膜と浸透

半透膜

本講では、**水は通すが指定した溶質は通さない**理想化した膜を半透膜として扱う。膜を通過できるかどうかは膜の性質にも依存するため、単純に粒子の大きさだけで決まると一般化しない。

水分子は半透膜を両方向に移動できる。一方、本講で指定する溶質粒子は膜を通過しないものとする。

浸透

同じ温度で、初めの圧力と液面の高さが同じ純水と溶液を半透膜で隔てると、水は純水側から溶液側へ**正味として**移動する。このような半透膜を通した溶媒の正味の移動を**浸透**という。

同じ溶質を含む二つの溶液を初めに同じ圧力で隔てた場合には、水はモル濃度の低い側から高い側へ正味として移動する。

正味の移動と分子運動を区別する

「水が溶液側へ正味として移動する」といっても、水分子が一方向だけに通るわけではない。半透膜を通る水分子の移動は両方向に続いており、その差として一方への正味の移動が現れる。

また、左右に圧力差がある場合には濃度だけから移動方向を判断できない。本講で濃度から方向を比べるのは、初めの圧力条件を同じにした場合である。

2. 浸透圧

浸透圧

一定温度で純溶媒と溶液を半透膜で隔てたとき、溶媒の正味の移動を止めるために**溶液側へ余分に加える必要がある圧力差**を浸透圧 Π という。

浸透圧は溶液側の絶対圧力そのものではなく、純溶媒側との間に追加する圧力差である。

©ミライコーチング

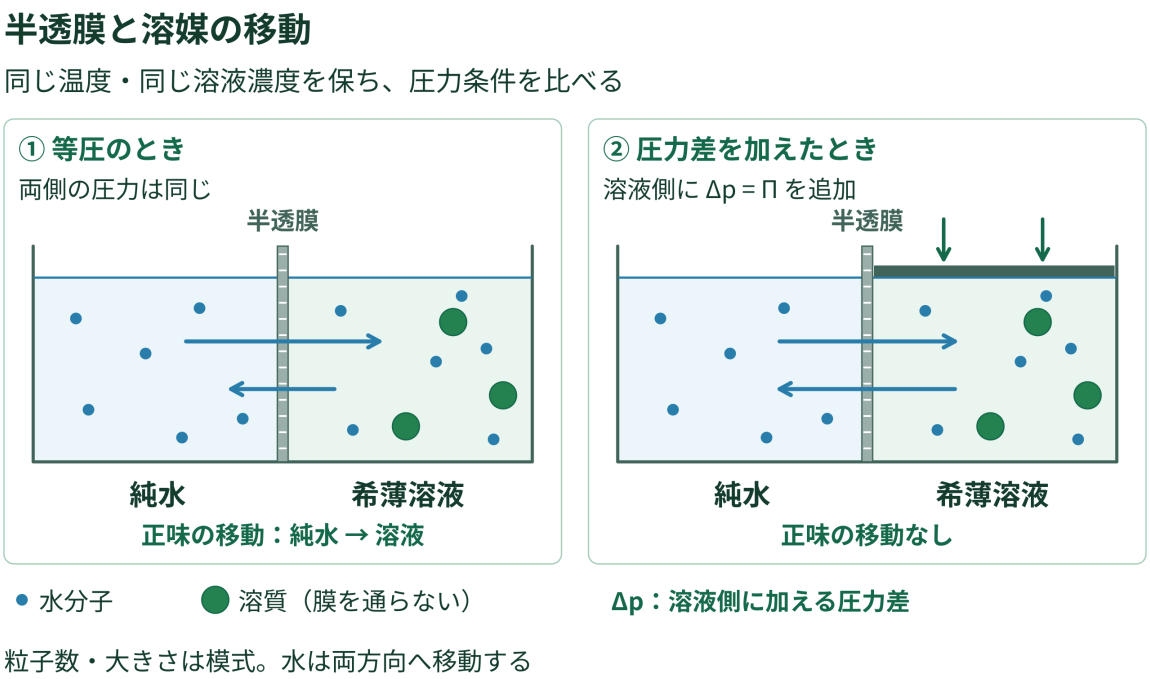

図 1　半透膜を通る水の移動と、圧力差による浸透の停止。

圧力を加えても水分子は動いている

溶液側へ浸透圧に等しい余分な圧力差を最初から加えると、水の正味の移動を止めることができる。この状態でも水分子が静止するわけではなく、膜を通る両方向の移動が同じ程度になっている。

圧力を加えないまま自由に浸透させると、溶液側の液面が上がり、その液面差による圧力が正味の水移動を妨げる方向に働く。

濃度はどの状態の値か確認する

浸透によって水が実際に移動すると、溶液の体積や濃度も変化する。したがって、浸透圧の計算では、問題で指定された状態の濃度を用いる。

本講で「最初から浸透圧に等しい圧力差を加えて止める」とする場合は、自由に浸透して希釈された後の溶液ではなく、指定された初期組成を保った別条件として扱う。

---

3. 浸透圧の計算

希薄溶液では気体の状態方程式と似た形になる

不揮発性・非電離・非会合で、溶媒と反応しない溶質が完全に溶けた希薄溶液では、浸透圧について次の近似式を用いる。

$$\Pi V = nRT$$

ここで V は**溶液全体の体積**、n は溶質の物質量である。この式は溶質粒子数と浸透圧の関係が気体の状態方程式と似た数式で表されることを示すものであり、溶質が溶液中で気体になっているという意味ではない。

モル濃度を使った式

モル濃度 c は次のように表される。

$$c = \frac{n}{V}$$

したがって、$\Pi V = nRT$ を用いると、浸透圧は次の式でも表せる。

$$\Pi = cRT$$

本講では Π を kPa、c を $\mathrm{mol\,L^{-1}}$、温度 T を K で表し、$R = 8.31\,\mathrm{kPa\,L\,mol^{-1}\,K^{-1}}$ を用いる。

温度と体積の単位

温度には絶対温度を用い、この講では $T = t + 273$ とする。例えば 27 ℃は 300 K である。

また、V は溶媒だけの体積ではなく**溶液全体の体積**である。モル濃度を用いる場合も、$c = \frac{n}{V}$ の V は溶液体積である。

例題

例題 1

同じ温度で、初めの液面の高さと圧力が等しい二つの区画を半透膜で隔てる。

- 左側：純水
- 右側：グルコースを含む希薄水溶液
- 半透膜：水は通すがグルコースは通さない
- 外部から余分な圧力は加えない

1. 初め、水は正味としてどちら向きに移動するか答えよ。また、膜を通過しない粒子を答えよ。
2. 同じ初期組成の別条件で、溶液側へその濃度の浸透圧に等しい余分な圧力差を最初から加えた。水の正味の移動と、水分子の運動がどうなるか説明せよ。

解答・解説

1.
水は**純水側からグルコース水溶液側へ**正味として移動する。膜を通過しないのは**グルコース分子**である。

本文の模式図で示したように、水分子は膜を両方向に移動できるが、初めの圧力が同じなら純水側から溶液側への移動が正味として現れる。

2.
溶液側へ浸透圧に等しい余分な圧力差を加えると、水の**正味の移動は 0** になる。

ただし、水分子の運動や膜を通る移動そのものが停止するわけではない。両方向の水分子の移動が続き、その差が 0 になっている。

©ミライコーチング

例題 2

グルコース 0.900 g を水に完全に溶かし、溶液全体の体積を 500 mL とした。温度は 27 ℃である。

グルコースのモル質量を $180\,\mathrm{g\,mol^{-1}}$ とし、溶液は非電離・非会合の希薄溶液として扱う。$R = 8.31\,\mathrm{kPa\,L\,mol^{-1}\,K^{-1}}$ とする。

1. グルコースの物質量と、この溶液のモル濃度を求めよ。
2. 純水に対するこの溶液の浸透圧を求めよ。

解答・解説

1.
グルコースの物質量は $n = \frac{0.900}{180} = 0.00500\,\mathrm{mol}$ である。500 mL は 0.500 L なので、モル濃度は $c = \frac{0.00500}{0.500} = 0.0100\,\mathrm{mol\,L^{-1}}$ となる。 答えは **0.00500 mol、$\mathbf{0.0100\,mol\,L^{-1}}$**である。

2.
27 ℃は 300 K である。$\Pi = cRT$ より、$\Pi = 0.0100 \times 8.31 \times 300 = 24.93\,\mathrm{kPa}$ となる。 3 桁では、答えは **24.9 kPa** である。これは純水との間で正味の水移動を止めるために、溶液側へ余分に加える圧力差である。

例題 3

同じ非電離・非会合の溶質を含む希薄水溶液 A、B を、300 K で水だけを通す半透膜によって隔てる。初めの液面の高さと圧力は等しく、体積変化が起こる前のモル濃度は次の通りである。

- A：$0.0100\,\mathrm{mol\,L^{-1}}$
- B：$0.0300\,\mathrm{mol\,L^{-1}}$

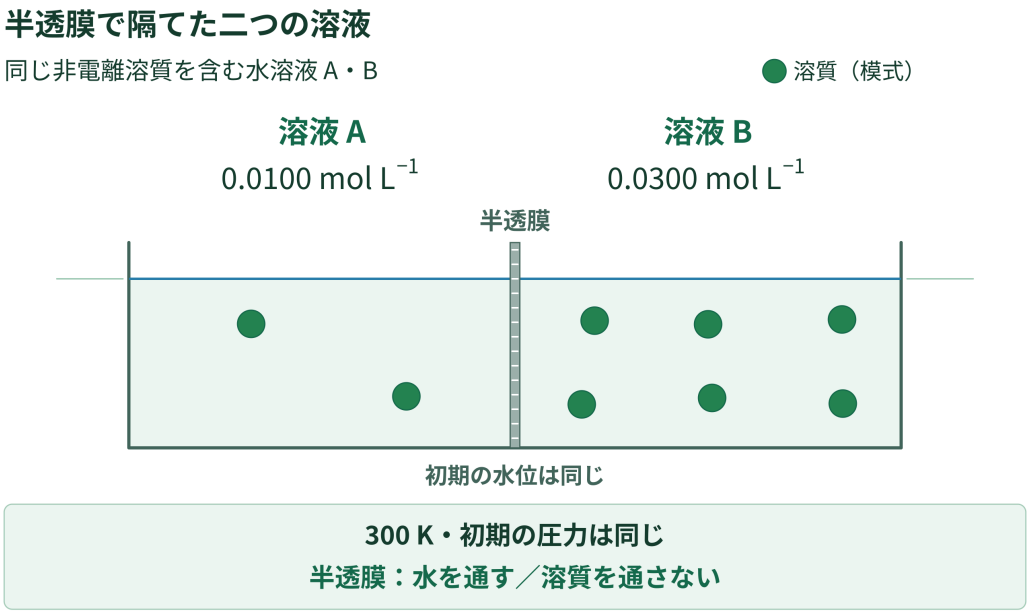

図 2　同温度・初期等圧の二つの溶液を半透膜で隔てた条件。

1. 初め、水は正味として A、B のどちらからどちらへ移動するか答えよ。
2. 初期濃度を保ったまま正味の水移動を止める別条件を考える。どちら側へ何 kPa の余分な圧力差を加えればよいか求めよ。

解答・解説

1.
初めの圧力は等しく、B の方がモル濃度が高いので、水は **A から B へ**正味として移動する。

これは同じ溶質について、低濃度側から高濃度側への浸透として考えられる。

2.
A の浸透圧は $\Pi_A = 0.0100 \times 8.31 \times 300 = 24.93\,\mathrm{kPa}$、B は $\Pi_B = 0.0300 \times 8.31 \times 300 = 74.79\,\mathrm{kPa}$ である。

二つの溶液の間で正味の水移動を止めるために必要なのは、B 側へ加える**浸透圧の差**である。同じ温度なら $\Delta\Pi = (c_B - c_A)RT$ と表せるので、$\Delta\Pi = 74.79 - 24.93 = 49.86\,\mathrm{kPa}$ となる。 3 桁では、答えは **B 側へ 49.9 kPa** である。純水と B の間で必要な 74.8 kPa ではなく、A と B の浸透圧の差を用いる。

演習問題

以下の演習では、特に断らない限り、溶質は非電離・非会合で溶媒と反応せず完全に溶けた希薄溶液として扱う。半透膜は水を通し、指定した溶質を通さないものとし、$R = 8.31\,\mathrm{kPa\,L\,mol^{-1}\,K^{-1}}$ を用いる。

演習 1

ある非電離溶質 0.0200 mol を水に完全に溶かし、溶液全体の体積を 1.00 L とした。温度は 300 K である。

1. この溶液のモル濃度を求めよ。
2. 純水に対するこの溶液の浸透圧を求めよ。

演習 2

尿素 1.20 g を水に完全に溶かし、溶液全体の体積を 250 mL とした。温度は 27 ℃で、尿素のモル質量は $60.0\,\mathrm{g\,mol^{-1}}$ とする。

1. 尿素の物質量と溶液のモル濃度を求めよ。
2. 純水に対するこの溶液の浸透圧を求めよ。

演習 3

同じ非電離溶質を含む二つの希薄水溶液 A、B を、300 K で水だけを通す半透膜によって隔てる。初めの圧力と液面の高さは等しく、濃度は次の通りである。

- A：$0.0200\,\mathrm{mol\,L^{-1}}$
- B：$0.0500\,\mathrm{mol\,L^{-1}}$

1. 初め、水は正味としてどちらからどちらへ移動するか答えよ。
2. 初期濃度を保ったまま正味の水移動を止めるには、どちら側へ何 kPa の余分な圧力差を加えればよいか求めよ。

演習 4

ある非電離溶質 0.00500 mol を含む希薄水溶液の体積は 0.500 L である。300 K での浸透圧は 24.93 kPa であった。

温度を 330 K へ変えた後も、溶質の物質量と溶液体積は変わらないものとする。

1. 330 K での浸透圧を求めよ。
2.「温度が 27 ℃から 57 ℃へ 30 ℃上昇したので、摂氏温度の比を使って浸透圧を計算すればよい」という説明が不適切な理由を述べよ。

演習 5

ある非電離溶質 0.0100 mol を含む希薄水溶液の体積は 0.500 L、温度は 300 K である。

水を加えて均一にした後、溶液全体の体積が 1.00 L になった。溶質の損失や反応はなく、温度は 300 K のままとする。

1. 希釈後の浸透圧を求めよ。
2. 希釈前と希釈後の浸透圧の比を求め、なぜこのように変化するか説明せよ。

演習問題の解答・解説

解答 1

1.

モル濃度は $c = \frac{n}{V}$ より、$c = \frac{0.0200}{1.00} = 0.0200\,\mathrm{mol\,L^{-1}}$ である。 答えは**$\mathbf{0.0200\,mol\,L^{-1}}$**である。

2.

$\Pi = cRT$ より、$\Pi = 0.0200 \times 8.31 \times 300 = 49.86\,\mathrm{kPa}$ である。 3 桁では、答えは **49.9 kPa** である。

解答 2

1.

尿素の物質量は $n = \frac{1.20}{60.0} = 0.0200\,\mathrm{mol}$ である。250 mL は 0.250 L なので、$c = \frac{0.0200}{0.250} = 0.0800\,\mathrm{mol\,L^{-1}}$ となる。 答えは **0.0200 mol、$\mathbf{0.0800\,mol\,L^{-1}}$**である。

2.

27 ℃は 300 K なので、$\Pi = 0.0800 \times 8.31 \times 300 = 199.44\,\mathrm{kPa}$ である。 3 桁では、答えは **199 kPa** である。

解答 3

1.

初めの圧力は同じで、B の方がモル濃度が高い。したがって、水は **A から B へ**正味として移動する。

半透膜を通れる水は、同じ溶質について低濃度側から高濃度側へ正味として移動する。

2.

必要な圧力差は二つの浸透圧の差である。同じ 300 K なので、$\Delta\Pi = (0.0500 - 0.0200) \times 8.31 \times 300 = 74.79\,\mathrm{kPa}$ となる。 3 桁では、**B 側へ 74.8 kPa** の余分な圧力差を加えればよい。

解答 4

1.

溶質量と溶液体積が一定なので、モル濃度は変わらない。$\Pi = cRT$ より、浸透圧は絶対温度に比例する。 したがって、330 K での浸透圧は $24.93 \times \frac{330}{300} = 27.423\,\mathrm{kPa}$ となる。3 桁では、答えは **27.4 kPa** である。

2.

$\Pi = cRT$ に入れる温度 T は絶対温度であり、セルシウス温度の数値ではない。

27 ℃は 300 K、57 ℃は 330 K であるため、浸透圧の比は 330/300 で考える。27 と 57 の比をそのまま使うことはできない。

解答 5

1.

希釈後のモル濃度は $c = \frac{0.0100}{1.00} = 0.0100\,\mathrm{mol\,L^{-1}}$ である。 したがって、$\Pi = 0.0100 \times 8.31 \times 300 = 24.93\,\mathrm{kPa}$ となる。3 桁では、答えは **24.9 kPa** である。

2.

希釈前は $c = \frac{0.0100}{0.500} = 0.0200\,\mathrm{mol\,L^{-1}}$ なので、浸透圧は $0.0200 \times 8.31 \times 300 = 49.86\,\mathrm{kPa}$ である。 したがって、希釈後の浸透圧は希釈前の **1/2** である。温度と溶質の物質量を保ったまま溶液全体の体積が 2 倍になり、モル濃度が半分になったためである。

©ミライコーチング