

## 浸透圧

### 1. 透過性による膜の分類

不透膜：溶液または混合気体のどの成分も通さない膜

ラップフィルム・ガラス板など

全透膜：溶液または混合気体のどの成分も通す膜

ろ紙・細胞壁など

半透膜：小さな孔があり、溶液または混合気体の一部の成分だけを通す膜

厳密には溶媒の分子だけを通す理想的な膜をいう。

半透膜といっても孔の大きさによりいろいろなタイプがあり、

スクロースのような低分子が透過できない小さな孔の半透膜もあれば、

分子量 10000 以上の高分子が透過できない大きな孔の半透膜もある。

セロハン膜・細胞膜（不完全な半透膜）など

### 2. 拡散と浸透

溶液は溶質（溶かされている物質）と溶媒（物質を溶かすもの）から成る。

純水に青インク溶液を一滴落とすと、はじめは、落としたところだけ濃い青色になるが、やがて均一なうすい青色溶液になる。

これは青インク溶液の青インク（溶質）が純水へ移動し、

純水（純溶媒）の水分子（溶媒分子）が青インク溶液へと移動したためである。

溶質が溶媒中を拡がって散っていくことを拡散といい、

純溶媒分子が溶液中へ移動することを浸透という。

#### 補足

乱雑さのパラメータ：エントロピー

自然に起こる変化がどの向きに起こるかを決定するのはエネルギーと乱雑さであり、エネルギーが小さくなる向きまたは乱雑さが増す向きに変化が起こる。

重い気体に軽い気体を上層すると、はじめこそ重い気体の下層、軽い気体の上層の 2 層に分かれているが、十分時間が経つと重い気体と軽い気体が一樣に混ざり合ってしまう。

食塩水に水を上層する場合も同じである。食塩水のほうが水より重いにもかかわらず、十分時間が経つと均一な溶液になってしまう。

これは、自然界ではより乱雑になる方向へと変化が起こる傾向があるためである。

乱雑さが増す例に、拡散、混合、分解などがある。

気体分子も溶質も溶媒もできるだけ分散し乱雑に混ざり合っているほうが安定なのである。

この乱雑さの尺度をエントロピーという。

### 3. 全透膜と半透膜で見られる現象の違い

シヨ糖溶液と純水を準備し、膜で仕切られたビーカーの両側にそれぞれの液を液面の高さが等しくなるように入れる。

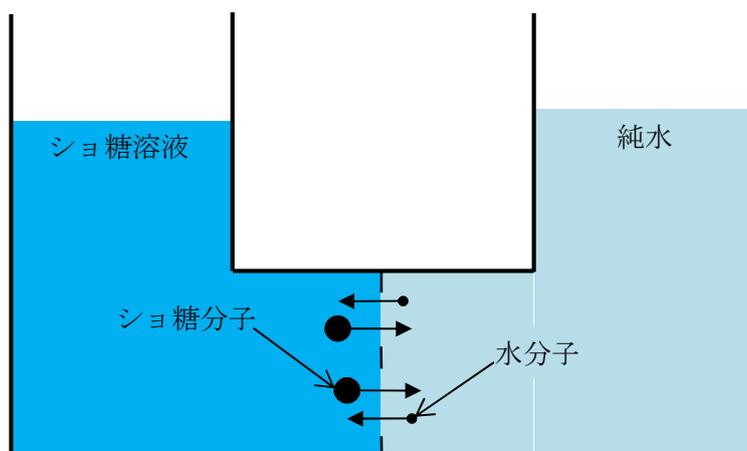
#### 全透膜で仕切られたとき

シヨ糖分子の純水への拡散と純水の水分子のシヨ糖溶液中への浸透の両方が起こる。

つまり、両物質とも半透膜を自由に透過できる。

したがって、移動の速さの違いで、途中過程で液面差が生じて、

最終的には、均一な溶液になるので、液面差が生じない。

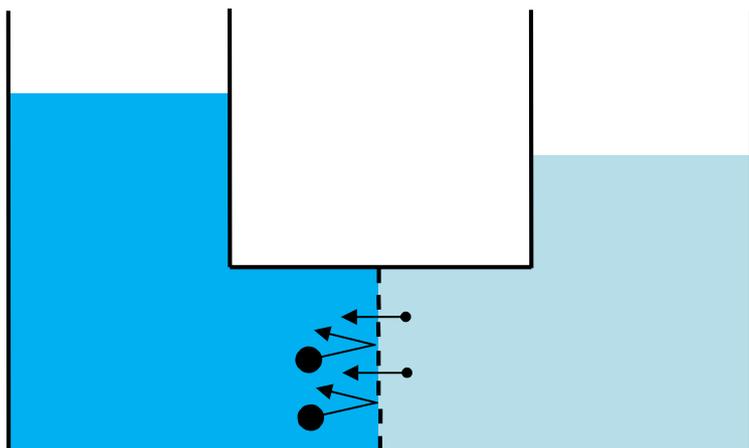


半透膜で仕切られたとき

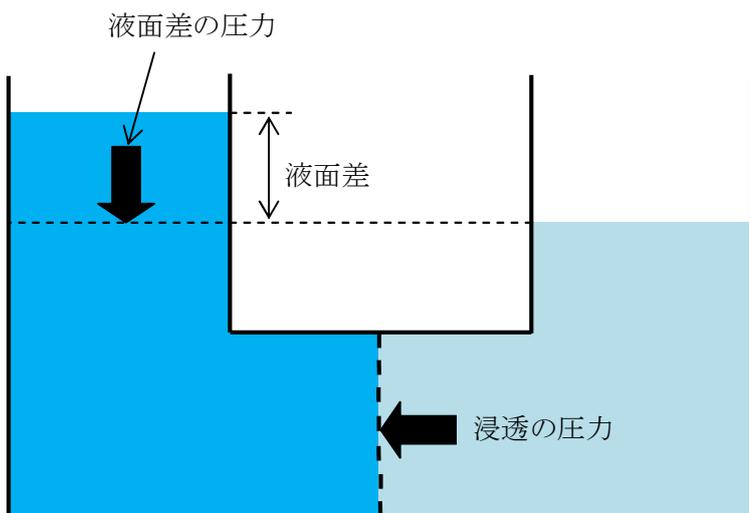
半透膜は理想的な半透膜であり、ショ糖は通過できないものとする。

ショ糖分子は純水へ拡散できないが、純水の水分子はショ糖溶液中に浸透できる。

その結果、ショ糖溶液の液面は上がっていき、純水の液面は下がっていく。



やがて、水がショ糖溶液へ浸透する圧力と液面差による圧力、すなわち水を押し戻そうとする圧力が釣り合い液面差が一定になる。



#### 4. 浸透圧

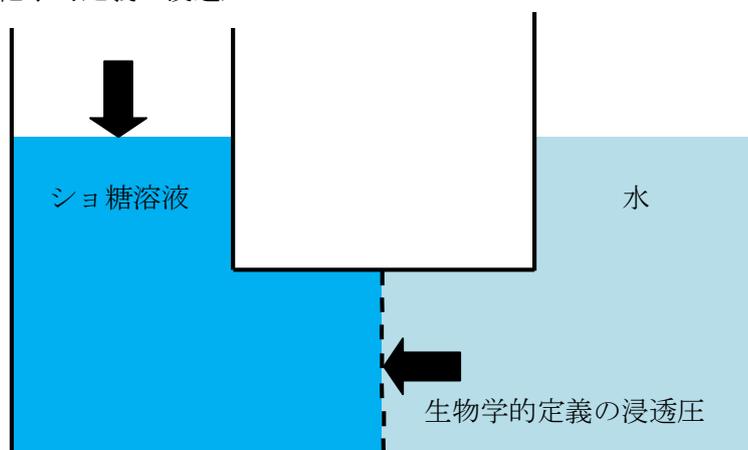
##### 化学の浸透圧と生物の浸透圧の定義

溶液と純水が半透膜で仕切られているとき純水が溶液に浸透してくるので、その浸透を阻止するためには溶液に圧力をかける必要があります、この圧力を化学では溶液の浸透圧という。

一方、生物では、水が浸透する圧力そのものを浸透圧という。

見方が違うだけで、浸透圧の大きさは化学でも生物でも同じである。

化学的定義の浸透圧



##### 浸透圧と溶液の濃度

シヨ糖溶液が濃ければ濃いほどそれを薄めようと純水が勢いよく浸透してくるので、それを阻止するために高い圧力を必要とする。

すなわち溶質が同じ溶液で比較すると、濃い溶液ほど浸透圧が高い。

また、浸透圧が高い溶液と低い溶液を半透膜で仕切ると、

両溶液の浸透圧を等しくしようと浸透圧の低い溶液の溶媒が浸透圧の高い溶液へ浸透する。

**浸透圧の原因についての考え方と浸透圧の公式  $\Pi = CRT$** 

純水中の水分子と水溶液中の水分子は半透膜を介して互いに圧力を及ぼし合うが、同温条件下なら、単位体積あたりの分子数で勝る純水の方が大きい(数は勢力となるのだ)。したがって、水分子の単位体積あたりの数だけで考えてよい理想的な系であれば、純水と水溶液の圧力の比はそれぞれの水分子のモル分率の比と一致する。ただし、この場合の水溶液は、溶質の影響を受けない理想的な希薄溶液とする。ここで、同温・同体積の純水とこの理想的な希薄溶液を考える。

同体積としたのは、処理の煩雑さを避けるためである。

希薄溶液の溶質粒子の総物質量を  $n_1$ 、水分子の物質量を  $n_2$ 、純水に対する圧力を  $p_d$ 、純水の希薄溶液に対する圧力を  $p_s$  とすると、

希薄溶液の水分子のモル分率  $= \frac{n_2}{n_1 + n_2}$ 、純水の水分子のモル分率  $= 1$  だから、

$$\frac{p_d}{p_s} = \frac{n_2}{n_1 + n_2} \text{ より, } p_d = \frac{n_2}{n_1 + n_2} p_s$$

よって、

$$\begin{aligned} |\Delta p| &= p_s - p_d \\ &= p_s - \frac{n_2}{n_1 + n_2} p_s \\ &= \frac{n_1}{n_1 + n_2} p_s \\ &= \frac{n_1}{n_2 \left( \frac{n_1}{n_2} + 1 \right)} \\ &\approx \frac{n_1}{n_2} p_s \quad \left( \because n_1 \ll n_2 \Rightarrow \frac{n_1}{n_2} \approx 0 \right) \end{aligned}$$

$$\therefore |\Delta p| \approx \frac{n_1}{n_2} p_s \quad \dots \textcircled{1}$$

純水の水分子の物質量については、

純水は希薄溶液と同体積で、

希薄溶液の溶質粒子の総物質量  $n_1$  と水分子の物質量  $n_2$  の量的関係は、 $n_1 \ll n_2$  だから、純水の水分子の物質量も  $n_2$  としてよい。

ここで、

水分子は液相という空間で分子運動しているから、これを気相での理想気体分子の運動と同じように考え、理想気体の状態方程式を適用してみる。

つまり、理想気体の状態方程式の気体の体積の項に純水の体積  $V$  を、  
気体の物質量の項に水の物質量  $n_2$  をあてはめると、

$$p_s V = n_2 RT \text{ より,}$$

$$p_s = \frac{n_2 RT}{V} \quad \dots \textcircled{2}$$

①, ②より,

$$\begin{aligned} |\Delta p| &\approx \frac{n_1}{n_2} p_s \\ &= \frac{n_1}{n_2} \cdot \frac{n_2 RT}{V} \\ &= \frac{n_1}{V} RT \end{aligned}$$

$|\Delta p|$  は浸透圧  $\Pi$  を、 $\frac{n_1}{V}$  は溶質粒子のモル濃度  $C$  を表すから、

浸透圧の式  $\Pi = CRT$  が得られる。

#### 補足

半透膜の両側に架空の非常に薄い気体（蒸気）の層を仮定すると、  
溶液の蒸気圧は純溶媒より小さいから、半透膜を挟んで両液間に圧力差が生じる。  
これが浸透圧であるという考え方もある。

オランダの物理化学者ファン・ト・ホフは、  
ドイツの植物学者ベッファーがスクロース水溶液の浸透圧を測定した実験結果から、  
実験式  $\Pi = kCT$

（ $\Pi$ ：浸透圧， $k$ ：比例定数， $C$ ：総溶質粒子のモル濃度， $T$ ：絶対温度）を導き、  
比例定数  $k$  が気体定数  $R$  と一致することを見出した。

#### まとめ

##### 浸透圧に関するファン・ト・ホフの法則（浸透圧の公式）

$$\Pi = CRT \leftrightarrow \Pi = \frac{n}{V} RT \leftrightarrow \Pi V = nRT$$

$\Pi$ ：浸透圧， $C$ ：総溶質粒子のモル濃度， $R$ ：気体定数， $T$ ：絶対温度， $V$ ：溶液の体積，  
 $n$ ：溶質の総物質量

純水の場合  $n = 0$  だから、浸透圧  $\Pi = 0$  である。