

溶液の性質 08 過冷却・浸透圧

前回に続き、希薄溶液が示す性質について考えてみたいと思います。

A. 過冷却と冷却曲線

液体を冷却すると、ある温度で凝固が始まり固体へと変化します。

そのときの温度を凝固点（＝融点）といい、

液体が純溶媒の場合は凝固が完結するまで温度が一定に保たれます。

しかし実際には、下図のように、凝固点を過ぎても凝固が始まらず、液体のまま温度が下がっていくんです。これを過冷却の状態といいます。

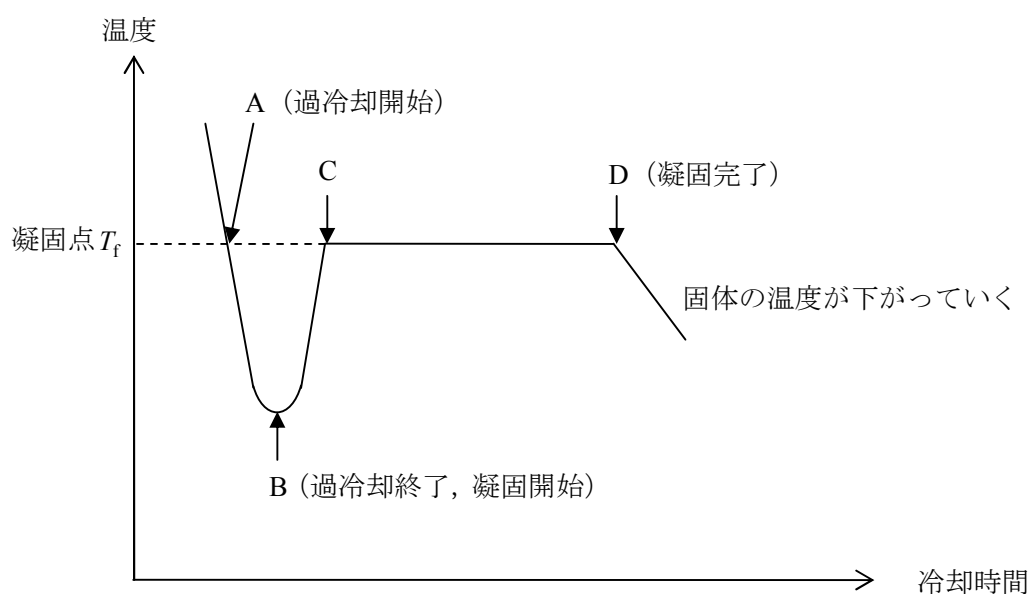
冷却条件により過冷却の程度はまちまちです。

水の場合、純度の高い水を表面が滑らかな容器に入れ、

振動を与えずゆっくりと、つまりできるだけ分子を刺激しないようにして冷却すれば、より過冷却が進みます。

過冷却水の作り方

http://book.geocities.jp/white_rime/kareikyaku.htm

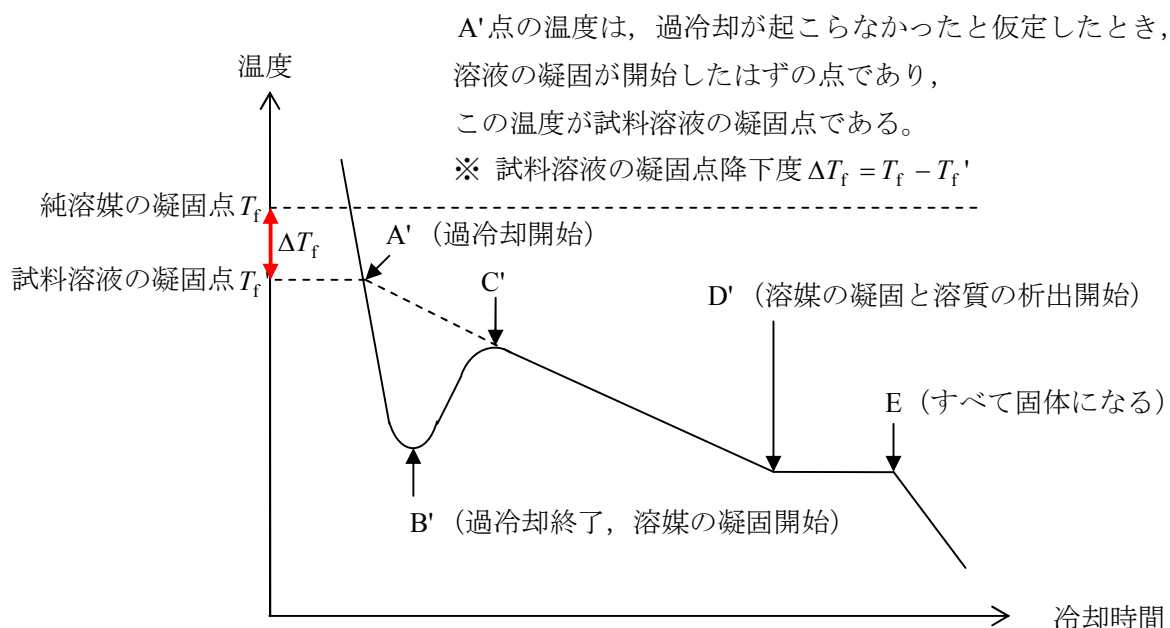


A を経て B まで：液体

B から C を経て D まで：液体と固体

D から：固体

一方、溶液を冷却したときも過冷却の状態を経て凝固が進みますが、純溶媒の場合と異なり、凝固点は一定ではありません（徐々に降下します）。これは凝固するのは溶媒だけなので、凝固が進むに従って溶液の濃度が大きくなり、凝固点降下度も大きくなるからです。試料溶液の凝固点は、半直線 D'C' と冷却曲線との交点 A' です。



- A' を経て B' まで：液体
- B' から C' を経て D' まで：溶媒の凝固
- D' から E まで：溶媒の凝固と溶質の析出が同時進行
- E から：固体のみ

B. 半透膜と浸透

赤血球を濃い食塩水に入れるとしぼみ，純水に浸すと膨らんでやがて破裂します。

これには赤血球内部と外部の塩分濃度差と仕切りである細胞膜に原因がありそうです。細胞膜，動物のぼうこう膜，セロハン膜などは小さな孔がいくつもあり，溶媒分子はそれを通れますが比較的大きな溶質分子は通れません。このような膜を半透膜といいます。

※ 厳密には，半透膜とは溶媒分子は通すが溶質粒子は通さない膜のことをいいます。透析用セロハン膜には通過できる物質の大きさ別（分子量別）にいろいろな製品があります。半透膜を境界面とし，溶質粒子濃度の異なる溶液（あるいは純溶媒と溶液）が互いに接しているとします。

純溶媒と溶液が接している場合で考えますと，

純溶媒では，すべての粒子（溶媒分子）が半透膜を通過できますが，

溶液の方では，溶質粒子はそれを通過できません。

したがって，両者を比較すると，純溶媒の方が通過できる溶媒分子の割合が高いため，全体として **純溶媒 → 溶液** という溶媒分子の移動が見られます。

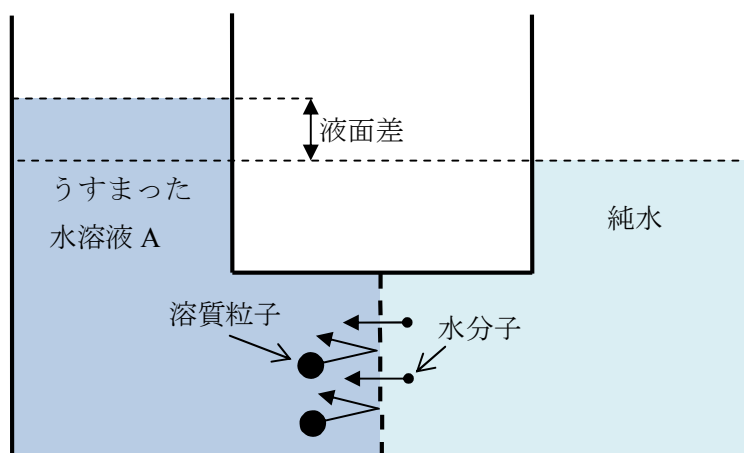
このような現象を**浸透**といいます。

溶質粒子濃度の異なる溶液どうしの場合も，同様な理由で，溶媒分子の移動の向きは **溶質粒子濃度が低い溶液 → 溶質粒子濃度が高い溶液**

となります。結局，濃い溶液をうすめる向きに溶媒分子が移動するんですね。

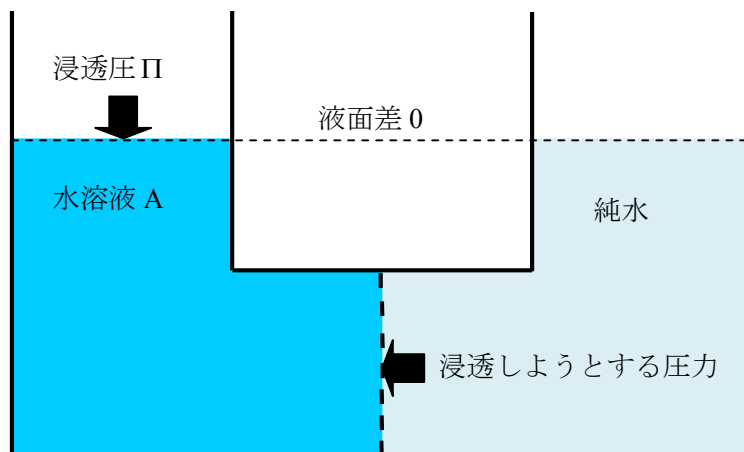
B-1 浸透圧

下図のようにU字管の中央を水分子は通すが，水和溶質分子は通さない半透膜で仕切り，右側に純水を左側に水溶液 A を入れると，水分子が，全体的に見て，純水側から水溶液側へ移動（浸透）するので，水溶液の液面が上昇，純水の液面が下降し，液面差が生じます。



したがって、液面差が生じるのを防ぐには、水溶液 A の液面にある圧力 Π (パイ) をかけ、水の浸透を阻止すればよいことになります。

この圧力 Π を水溶液 A の浸透圧といいます。



B-2 ファントホッフの法則

1901 年、オランダの化学者ファントホッフは、希薄溶液の浸透圧について、次のような関係を提唱しました。

ファントホッフの法則

希薄溶液の浸透圧は、溶質粒子のモル濃度と絶対温度に比例し、溶媒や溶質の種類には関係しない。

浸透圧を Π [atm]、溶質粒子のモル濃度を C [mol/L]、絶対温度を T [K] とすると、ファントホッフの法則は $\Pi = CRT$ (R は比例定数) と表されます。

比例定数 R は気体定数と一致し、溶液の体積を V [L]、溶質粒子の物質量を n [mol] とすると、

$C = \frac{n}{V}$ より、 $\Pi = \frac{n}{V} RT$ すなわち $\Pi V = nRT$ と表すことができ、

気体の状態方程式 $PV = nRT$ と同じ式が与えられます。

補足：溶質粒子のモル濃度と電解質・非電解質

溶質が電解質の場合の溶質粒子は電解質が電離して生成したイオン、溶質が非電解質の場合はそれは非電解質そのものです。

したがって、1 個の NaCl が溶けると溶質粒子が 2 個 (Na^+ と Cl^-)、1 個のスクロース $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ が溶けると溶質粒子が 1 個 ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$) となります。

ゆえに、濃度が C [mol/L] の NaCl の希薄溶液と砂糖の希薄溶液の場合、

NaCl の希薄溶液の溶質粒子のモル濃度は $2C$ [mol/L]

砂糖の希薄溶液の溶質粒子の質量モル濃度は C [mol/L]

となります。

確認問題

水溶液の浸透圧を大きい順に並べよ。

ただし、水溶液はすべて同温で、電解質は水溶液中で完全に電離するものとする。

- a. 0.5mol/L のスクロース溶液
- b. 0.2mol/L の硫酸ナトリウム水溶液
- c. 0.2mol/L の硝酸カリウム水溶液
- d. 0.2mol/L の塩化アルミニウム水溶液

解答と解説

スクロースは非電解質で、他は電解質です。

同温なので、浸透圧は溶質粒子のモル濃度に比例します。

それぞれの溶質粒子のモル濃度は

a. 0.5mol/L

b. $\text{Na}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{Na}^+ + \text{SO}_4^{2-}$ より, $0.2\text{mol/L} \times 3 = 0.6\text{mol/L}$

c. $\text{KNO}_3 \rightarrow \text{K}^+ + \text{NO}_3^-$ より, $0.2\text{mol/L} \times 2 = 0.4\text{mol/L}$

d. $\text{AlCl}_3 \rightarrow \text{Al}^{3+} + 3\text{Cl}^-$ より, $0.2\text{mol/L} \times 4 = 0.8\text{mol/L}$

よって, $d > b > a > c$

ことわり

本編はメルマガ高校化学の部屋 <http://www.geocities.co.jp/HeartLand-Poplar/8632/>

バックナンバー中の記載「このメルマガは、転載・複写自由です。」に甘え、

内容を保ったまま、整理・加筆し、転載したものです。

大学理系入試問題・受験問題集を解いてみた <http://www.toitemita.sakura.ne.jp/>