

化学

(3) 溶液

(a) 溶解と溶液

溶解……液体にほかの物質が混合して均一に混ざり合うこと。溶けること。

溶液……溶解して出来た均一な混合物。例：食塩水

溶媒……溶液において、物質を溶かしている液体例：食塩水の水

溶質……溶媒に溶けている物質。

溶媒、溶質が共に液体の場合(液体に液体が溶けている場合)、量の多い方を溶媒とする。

(b) 電解質と非電解質

電離……溶質が溶解するとき、(共有)結合が切れてイオンに別れること。例： $HCl \rightarrow H^+ + Cl^-$

電離度……溶液中で溶質が電離する割合。溶質 1mol のうち、 α mol が電離した場合、電離度は α

電離度の公式 $\alpha = \frac{\text{電離した溶質の物質量}}{\text{溶解した溶質の物質量}}$

電解質……水に溶けて電離する物質。水溶液は電流を流す。※水溶液ではなく、溶質を指す言葉

強電解質……電離度が大きい電解質。

弱電解質……電離度が小さい電解質。

非電解質……水溶液中で電離しない物質。水溶液は電流を流さない。例：エタノール、グルコース、ショ糖

(c) 溶液の濃度

濃度……溶液中に含まれる溶質の割合。ここでは、代表的な 4 つの例と公式を解説する。

1. **質量パーセント濃度**……溶質が占める溶液の質量の割合。一般に広く使われる。

★質量パーセント濃度の公式 $\text{質量パーセント濃度}(\%) = \frac{\text{溶質の質量}}{\text{溶液の質量}} \times 100$

2. **モル濃度**……溶液 1l あたりに含まれる溶質の物質量。化学で最も広く使われる。

★モル濃度の公式 $\text{モル濃度}(\text{mol/l}) = \frac{\text{溶質の物質量}(\text{mol})}{\text{溶媒の体積}(\text{l})}$

3. **質量モル濃度**……溶媒 1kg あたりの溶質の物質量。溶液の温度が変化する場合に用いられる(温度が変化すると体積も変化するため)。

★質量モル濃度の公式 $\text{質量モル濃度}(\text{mol/kg}) = \frac{\text{溶質の物質量}(\text{mol})}{\text{溶媒の質量}(\text{kg})}$

4. **ppm 濃度**……ppm は、parts per million:百万分率の頭文字。溶質が微量な場合の濃度を示すのに用いる。

例 1：空気 1m³中にSO₂が 1cm³存在→1 体積 ppm

例 2：水溶液 1kg 中に溶質が 1mg 存在→1 質量 ppm

(d) 固体の溶解度

溶解度……ある温度で、一定量の溶媒に溶解できる溶質の最大量。基本的には、100g の水に溶媒が何 g 溶けるかを表すことが多い。

飽和溶液……溶質が溶解度まで溶けている溶液。

不飽和溶液……溶質が溶解度まで溶けていない溶液

過飽和溶液……溶質が溶解度以上に溶けている溶液。衝撃を与えると、多かった分の溶質が析出する。

溶解平衡…… $\left. \begin{array}{l} \text{溶け出す分子やイオンの数} \\ \text{析出する分子やイオンの数} \end{array} \right\}$ これらが釣り合っている状態。

溶解度曲線……溶解度と温度の関係を表した曲線。

再結晶……温度による溶解度の違いを利用した精製法

(e) 気体の溶解度

ヘンリーの法則……溶解度の小さい気体において、一定温度で一定量の液体に溶解する気体の質量は、その気体の圧力(混合気体の場合は分圧)に比例する。

(f) 希薄溶液の性質

蒸気圧降下……液体に不揮発性の物質を溶解させた液体の蒸気圧は、純溶媒の蒸気圧より低い。

蒸気圧降下度……純溶媒と希薄溶液との蒸気圧の差。モル分率、質量モル濃度に比例する。

沸点上昇……溶液の沸点が純溶媒の沸点より上昇する。

沸点上昇度……沸点の差。

凝固点降下……溶液の凝固点が純溶媒の凝固点より低下する。

凝固点降下度……凝固点の差。

沸点上昇度、凝固点降下度は、溶液の質量モル濃度に比例し、溶質の種類は関係ない。

発展学習

沸点上昇度 Δt の公式 $\Delta t = K_b \times m$ K_b :モル沸点上昇(溶媒 1kg に溶質 1mol が溶けているときの沸点上昇度。溶媒によって固有) m :質量モル濃度

凝固点降下度 Δt の公式 $\Delta t = K_f \times m$ K_f :モル凝固点降下(溶媒 1kg に溶質 1mol が溶けているときの凝固点降下度。溶媒によって固有)

モル沸点上昇、モル凝固点降下の単位 [K・kg/mol] ←単位合わせ。

半透膜……めちゃんこ目が細かい膜。小さな溶媒分子は通すが、大きな溶質粒子は通さない

浸透……溶媒が半透膜を通過して溶液中に拡散していくこと。

浸透圧……浸透を生じさせる圧力。溶媒や溶質の種類には関係なく、溶質粒子のモル濃度と絶対温度に比例する。

発展学習

ファンツホッフの法則……希薄溶液の浸透圧は溶液の濃度に比例し、溶質の分子量に反比例する。

浸透圧の公式 $\Pi = cRT$ Π :浸透圧(atm) c :モル濃度(mol/l) R :気体定数 T :絶対温度

浸透圧の公式② $\Pi = \frac{n}{V}RT$ V :溶液の体積(l) n :溶質の物質質量(mol)

浸透圧の公式③ $\Pi V = nRT$

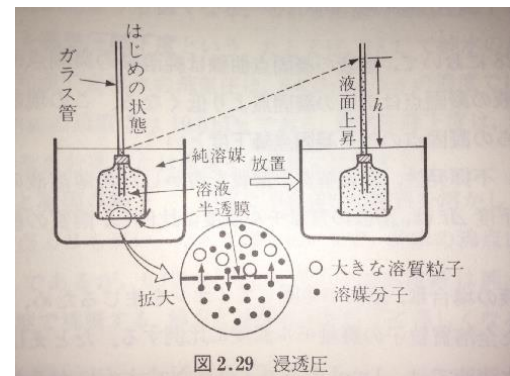


図 2.29 浸透圧

(g) コロイド溶液

(1) コロイド粒子とコロイド状態

コロイド粒子……ろ紙は通すが半透膜は通らない粒子。大部分は 1~100nm 程度の大きさ。

コロイド状態……コロイドとも。コロイド粒子が分散した状態。

分散媒……溶液という溶媒。コロイド粒子を分散させているもの。

分散質……分散しているコロイド粒子。

コロイド溶液……ゾルとも。分散媒が液体で、全体が液状。

懸濁液……サスペンションとも。サスペンションは全く関係ない。個体粒子が分散して沈殿しないもの。墨汁やインクなどがこれにあたる。

乳濁液……エマルションとも。液体粒子が分散しているも

識別の限界	電子顕微鏡	顕微鏡	光学顕微鏡	ルーペ	肉眼
粒子の直径 (m)	10^{-10}	10^{-9} (1 nm)	10^{-7} (1 μm)	10^{-5}	10^{-4} (1 mm)
透過性	真の溶液	コロイド溶液(ゾル)	コロイド粒子	大きい粒子(沈殿など)	
ろ紙	透過	透過	透過	透過	透過
半透膜	透過	透過	透過	透過	透過
ろ紙	透過	透過	透過	透過	透過



の。牛乳やマヨネーズなどがこれにあたる。

分子コロイド……分子 1 個を水に溶かすと、コロイド溶液になるもの。タンパク質やデンプンなどがこれにあたる。

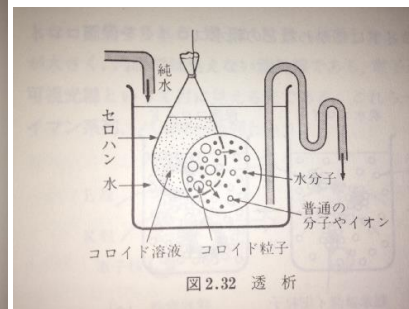
~~ミセル~~**ミセルコロイド・会合コロイド**……多数の分子が集まって会合体(~~ミセル~~ミセル)をつくり、コロイドの粒子になるもの。要は分子の集合体が一つの粒子になるもの。石鹸などがこれにあたる。

ゲル(右図左上)……コロイド溶液がゼリー状に固化したもの。ゼリーや豆腐、蒟蒻などがこれにあたる。



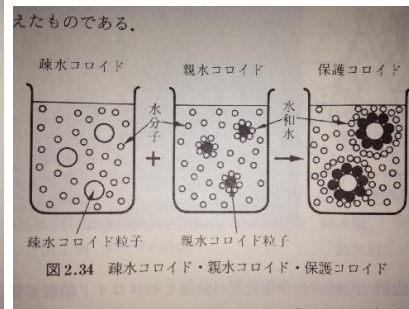
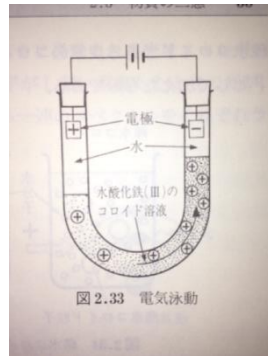
(2) **チンダル現象**(右図右上)……コロイド溶液に当てた光の進路が見える現象。コロイド粒子が光を散乱させるために起こる。

(3) **ブラウン運動**(右図中央左)……コロイド粒子の不規則なジグザグ運動。



(4) **透析**(右図中央右)……コロイド粒子を分子やイオンから分離精製する操作。

(5) **電気泳動**(右図左下)……コロイド粒子が電荷を帯びていて、反対符号の電極に引かれること。



(6) **凝析と塩析**

親水コロイド……分子の周りに多数の水分子が強く水和(水分子がくっつくこと)しているコロイド。

疎水コロイド……水和しにくく、少量の電解質を加えると容易に沈殿する。

凝析……コロイド溶液に少量の電解質を加えると沈殿すること。

塩析……親水コロイドに多量の電解質を加えると、水和水が引き離され沈殿すること。

保護コロイド(右図右下)……疎水コロイドに親水コロイドを加えるとき、疎水コロイドは沈殿しにくくなる。この場合の親水コロイドを保護コロイドという。

第3章 物質の変化

(1) 化学変化と反応熱

(a) **化学反応式**……化学式(分子式、組成式、イオン式)を用いて、化学変化を表した式。反応物→生成物が基本だが、場合によっては逆にすることもある。

化学反応式の作り方(例は H_2O)

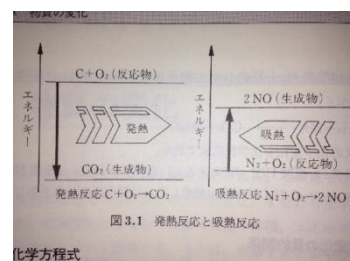
①	反応物を左辺に、生成物を右辺に書く	$H_2 + O_2 \quad H_2O$
②	変化の向きを示す矢印で両辺を結ぶ	$H_2 + O_2 \rightarrow H_2O$
③	両辺で原子の種類と数が等しくなるように、化学式に係数を付ける(1 の場合は省略)	$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$
④	最も簡単な整数比になるようにする	$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$

(2) 化学変化と熱の出入り

(a) **反応熱**……化学反応において、発生または吸収する熱

発熱反応……熱を発生する反応

吸熱反応……熱を吸収する反応



化学方程式

(b) 赤熱化熱化学方程式

①	科学反応式の矢印を等号に書き換える	$2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O}$
②	右辺に反応熱を書き加える 発熱反応 + 反応熱 吸熱反応 - 反応熱	$2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O} + 483.6\text{kJ}$
③	物質の状態を(気体)(液体)(固体)で示す	$2\text{H}_2(\text{気体}) + \text{O}_2(\text{気体}) = 2\text{H}_2\text{O}(\text{気体}) + 483.6\text{kJ}$
④	生成物が 1mol になるようにする (反応物の係数が分数になる場合がある)	$\text{H}_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2 = \text{H}_2\text{O} + 241.8\text{kJ}(/\text{mol})$

生成熱……化合物 1mol がその成分元素の単体から生成される時の熱量

燃焼熱……物質 1mol が完全燃焼したときに発生する熱量

溶解熱……物質 1mol が多量の水(aq)に溶けたときに発生または吸収する熱量

例： $\text{NaOH}(\text{固体}) + \text{aq} = \text{NaOH}(\text{aq}) + 44.5\text{kJ}$

中和熱……水溶液中で、酸と塩基(アルカリ)が反応して水が 1mol できるときの熱量。

例： $\text{NaOH}(\text{aq}) + \text{HCl}(\text{aq}) = \text{NaCl}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{液体}) + 56.4\text{kJ}$

(c) ヘスの法則……総熱量保存の法則とも。物質が変化するときの反応熱の総和は変化の前後の物質の状態だけで決まり、変化の経路や方法には関係しない。

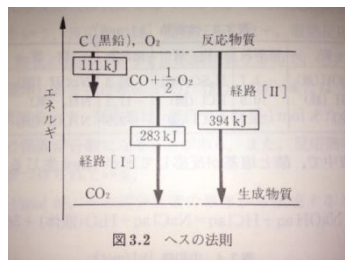


図 3.2 ヘスの法則

(3) 化学変化の速さ

(a) 反応速度

時刻 t_1 から t_2 までの間に反応物質の濃度が C_1 から C_2 に減少したときの反応速度 v は、

$$v = \frac{C_2 - C_1}{t_2 - t_1}$$

(b) 反応速度と濃度

反応速度 ↔ 分子の衝突回数 ↔ 濃度の積

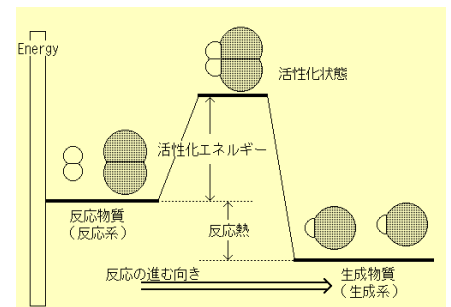
例： $\text{H}_2 + \text{I}_2 \rightarrow 2\text{HI}$ において、 H_2 と I_2 の濃度がそれぞれ $[\text{H}_2][\text{I}_2]$ だったとき、

$v = k[\text{H}_2][\text{I}_2]$ k : 速度定数

速度定数……温度や触媒によって変わり、濃度とは無関係

(c) 反応速度と温度

化学反応は、一般的に高温ほど速く、速度定数も大きい。というのも、化学反応にはある一定のエネルギーが必要だからである。このエネルギーを活性化エネルギーといい、活性化エネルギーを持った分子が衝突した高いエネルギー状態のことを活性化状態という。右図から分かるように、温度が高いと活性化エネルギーを持つ分子の数が増えるため、反応が速くなる。



(d) 反応速度と触媒、その他の要因

触媒……それ自身は反応の前後で変わらず、少量で化学反応の速さを大きく変える物質。

正触媒……反応を速くする(活性化エネルギーを小さくする)。

負触媒……反応を遅くする(活性化エネルギーを大きくする)。

(4) 化学平衡

(a) 化学平衡

可逆反応……どちらの方向へも進む反応。化学反応式では、右矢印の下に左矢印を書く。左辺から右辺への反応を正反応、右辺から左辺への反応を逆反応という。例： $\text{H}_2 + \text{I}_2 \rightleftharpoons 2\text{HI}$

正反応の反応速度： $v = k_1[\text{H}_2][\text{I}_2]$

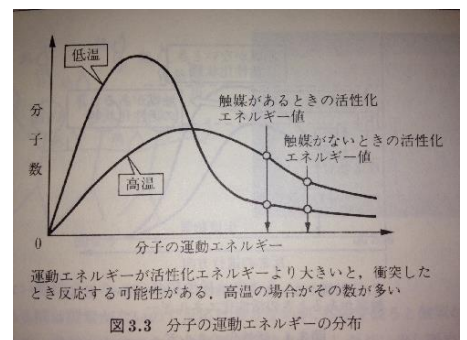


図 3.3 分子の運動エネルギーの分布

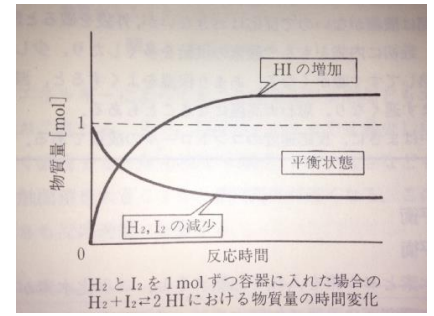
逆反応の反応速度： $v = k_1[\text{HI}]^2$

不可逆反応……ほとんど一方向だけしか進まない反応。例： $\text{HCl} + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$

化学平衡……正反応と逆反応の速度が等しくなり、見かけ上反応が停止したかのように見えること。このとき、正反応の生成物(この場合はHI)と逆反応の生成物(この場合は H_2 と I_2)のモル濃度は、以下のような関係になる。

$$\frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2][\text{I}_2]} = K_c \quad K_c : \text{濃度平衡定数}$$

質量作用の法則…… $a\text{A} + b\text{B} + \dots \rightleftharpoons x\text{X} + y\text{Y}$ (a, b, \dots, x, y, \dots は、それぞれ化



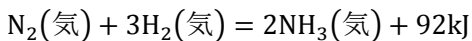
学式 $\text{A}, \text{B}, \dots, \text{X}, \text{Y}, \dots$ の係数)のような可逆反応の平衡状態では、 $\frac{[\text{X}]^x[\text{Y}]^y}{[\text{A}]^a[\text{B}]^b} = K_c$ (一定)の式が成り立つ。

(b) 平衡状態の変化

ル・シャトリエの平衡移動の法則……平衡状態の時、濃度、温度、圧力などの条件を帰ると、外部から加えられた条件の変化を打ち消す方向に変化が起こり、新しい平衡状態に達する。

(c) 平衡移動の活用

アンモニアの合成(ハーバー・ボッシュ法)



この反応では、

- ①分子数が減少するため圧力が低下する
- ②発熱反応であるため、温度が上がる

これを変えるために、

- ①圧力を高くする
- ②温度を下げる

という方法を取り、反応を有利に進めている。