

# 化学

## 第2章 物質の構造

### 2.3 化学式と物質質量

#### (c) 物質質量とアボガドロ数

**アボガドロ数**…… $^{12}\text{C}$  だけからできている炭素 12.0 g に含まれる原子の数。だいたい  $6.02 \times 10^{23}$  個。気が遠くなる。個数なのに小数が含まれる理由は、物理の Section 数の表し方を見ていただくと分かるだろう。

**mol(モル)**……アボガドロ数と同じ数の集団が 1 mol になる。**物質質量**の単位。

**アボガドロ定数**……物質質量 [mol] あたりの単位粒子(原子とかイオンとか)の個数 ( $6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$ ) のこと。計算めんどくせえとか言わずにとっととやれ。

**モル質量**……1 mol あたりの質量。例は以下のとおり。

水 1 mol は、水分子  $6.02 \times 10^{23}$  個の集団を表す。つまり、1 mol は個数を表す単位。

また、水 1 mol の質量は、分子量が 18.0 であるため、18.0g である。

**質量(g) = 分子量 × 物質質量(mol)**      **モル質量(g/mol) = 組成式の各原子の質量数の和**  
モル質量の公式は、基本的に組成式で表される物質にしか使わない(多分)。

**理想気体**…… $0^\circ\text{C}, 1\text{atm}$  で 1 mol の占める体積は 22.4L

### 2.4 化学結合

#### (1) イオン結合

(a) **イオン結合**……陽イオンと陰イオンの間に生まれる結合。例としては、塩化ナトリウム ( $\text{Na}^+$  と  $\text{Cl}^-$  の結合) がある。結晶を  $800^\circ\text{C}$  以上に熱すると熔融状態になり、電気をよく通すようになるという特徴がある。

#### (b) イオン結晶の性質

**イオン結晶**……陽イオンと陰イオンが規則正しく配列して、ある一定の割合で結びついて出来た結晶。イオン間の結合が強く、融点が高い。また、水に溶けやすく、水溶液は電気を通しやすい。所謂電解質である。

#### (2) 共有結合

(a) **共有結合**……原子間で原子を共有する結合。水素 ( $\text{H}_2$ ) の場合、結合した状態のイメージは  $\text{H} : \text{H}$  になる ( $\cdot$  は電子を表す)。これはヘリウムと同じ電子配置で、安定する。

**共有電子対**……共有結合で共有される電子(上のイメージだと  $:$  の部分)。必ずしも 2 個とは限らない(共有電子対がそれより多い共有結合は後述)。

**二重結合**……それぞれの原子から電子を 2 つずつ(計 4 つ)共有している。二重結合は、



2 組の電子の共有結合である。例 :  $\text{O}_2$


三重結合、その他……エチンやメタンなど。イメージは(面倒だから)載せていません。

(b) **配位結合**……ある原子が、ほかの原子に共有されていない電子対を持っている場合、他の原子がやって来てくっついちゃう結合。要は一夫多妻。(ちなみに、イスラム教では4人まで妻を娶ることができる)いや、一妻多夫でもいいんだけどいい例が考えつかないもので…

配位結合をするための条件

1. 1つの原子あるいは原子団が非共有電子対を持っている(空き枠がある)
2. 配位する方の電子が共有する能力を持つ(結婚できる)

(c) **共有結合の結晶と性質**

……1個の炭素原子(中心)の周りを4個の炭素原子(正四面体の頂点のイメージ)が取り囲む。共有結合の中でも非常に硬く、融点が高い(全ての物質の中で最も硬く、最も融点が高い)。ちなみに、ジルコニアというダイヤモンドに超よく似た物質がある(ダイヤモンドに比べれば異常に安い)。

黒鉛(グラファイト ~~エッジ~~)……鉛筆の芯とかに使われるやつ。炭素原子は蜂の巣状(正六角形)の平面。更に、層状に重なり合った構造になっている。層と層の間が滑りやすく、層状に剥がれやすい(この性質のお陰で鉛筆やらシャーペンやらで文字が書ける)。また、同じ平面上では電子の移動が起こりやすい(つまり電気が流れる。ただし熱くなるので注意すること)。

(d) **分子の極性と電気陰性度**

**極性分子**……分子内に電気の偏りがある分子。

例：塩化水素(HCl)

H原子：わずかに正の電気を帯びる( $\delta+$ )  $\delta-$ の原子が電子を引きつけている

Cl原子：わずかに負の電気を帯びる( $\delta-$ )  $\rightarrow \delta-X : Y^{\delta+}$

**電気陰性度**……元素の電気の偏りやすさの尺度を数値で表したもの。電子の電気陰性度の差が大きい分子の極性は高い(電子が偏りやすい)

例：HCl  $Cl(3.0) - H(2.1) = 0.9$  HF  $F(4.0) - H(2.1) = 1.9$

(3) **水素結合と分子間力による結晶**

氷の融点……ほかの類似した分子量の分子(酸素や窒素など)と比較して非常に高い。実は、水分子同士の間で弱く結合していて、見かけ上は分子量が大きいように見えるため。O原子が負の電気、H原子が正の電気を帯びており、電氣的な偏りで結びついている。**分子間力による結合**……電氣的な偏りがない分子でも、弱い結合があったりする。

例：ドライアイス(固体の $CO_2$ )

**分子間力**という力でできている結晶→**分子結晶**

特徴：融点が低く、柔らかい

(4) **金属結合**

(a) **金属結合**……自由電子の中に金属原子が規則正しく並ぶ結合。金属元素特有。

**自由電子**……金属原子間の結合にあずかる、自由に動き回る電子。

(b) 金属結合の性質

金属の性質

- ・電気や熱をよく伝える
- ・特有の金属光沢を持つ
- ・種類によっては展性(薄い板状に延ばせる)や延性(細く引き延ばせる)といった性質も
- ・原子間にズレがあっても結合が保たれる(自由電子のお陰)

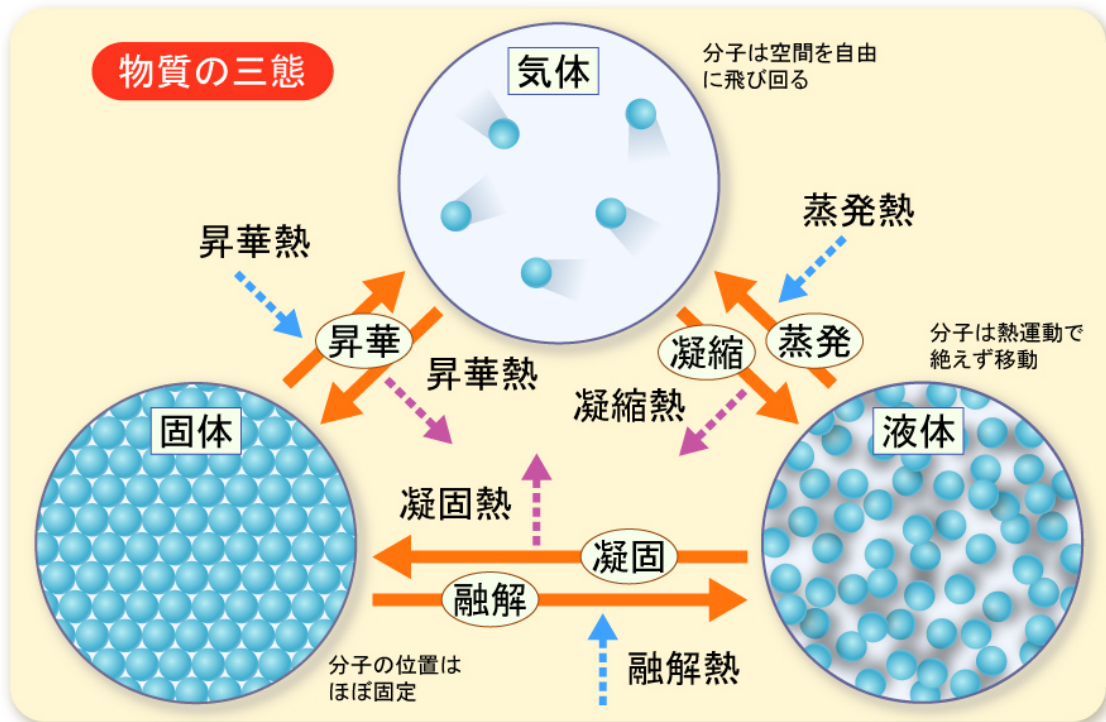
2.5 物質の三態

(1) 物質の三態とその変化

物質の三態……固体・液体・気体の基本的状態。構成する粒子がどうなっているかの違いで、温度が上がるにつれて固体→液体→気体へと変わっていく。

物質の三態と体積、引力・運動エネルギーとイメージ図(リンクは出典元)

固体	液体	気体
一定の体積	ほぼ一定の体積	一定の体積なし
引力>>運動エネルギー	引力≒運動エネルギー	引力<<運動エネルギー
動き回れない	動き回れるが断ち切っていない	引力の影響を受けない

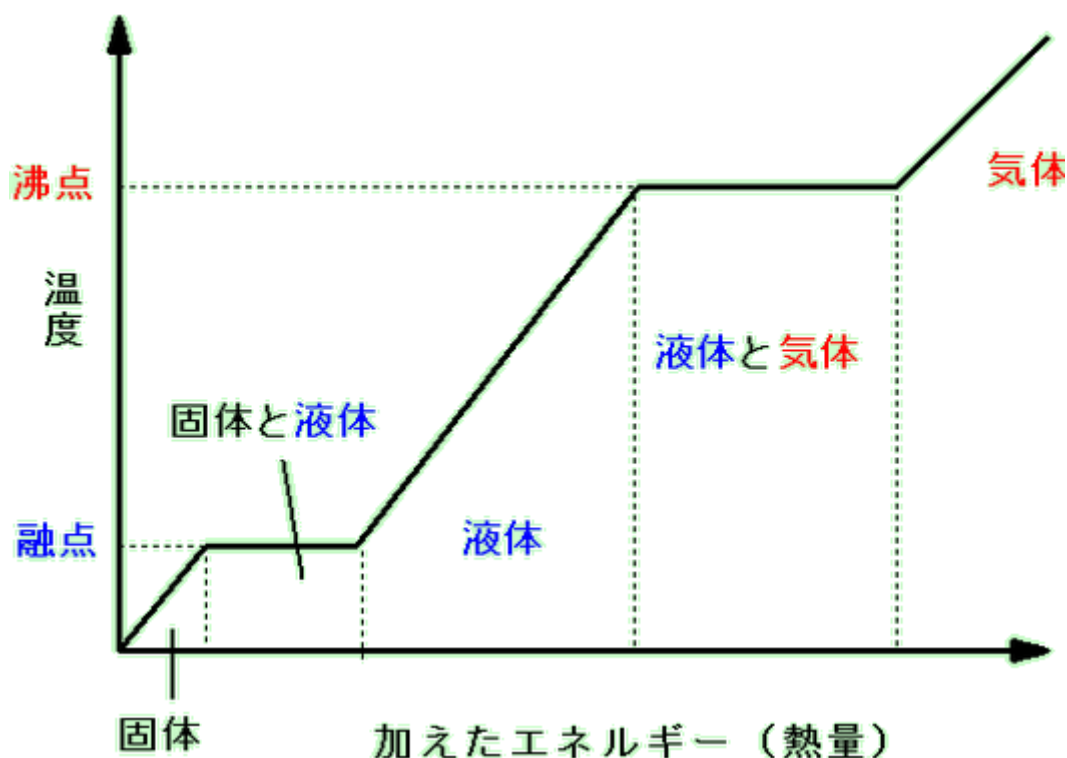


固体

個体の分類

- ・ **結晶**……構成粒子が規則正しく配列している
- ・ **結晶格子**……結晶内の規則性を持った粒子の配列。X線解析で調べる。
- ・ **無定形個体**……非晶質固体ともいう。配列が不規則。

固体への熱量供給と温度(リンク先は出典元)



**融解**……固体から液体への変化。ある一定の温度で粒子間引力に打ち勝って粒子が位置を変える(要は溶けたり蒸発したりする)

**融点**……融解が起こる温度。加熱を続けても温度は融解が終わるまで一定→加えられたエネルギーは、構成粒子の配列を崩すため(液体になるため)に使われている。

**融解熱**……融解開始から完全に液体に変わるまで吸収される熱量(1mol 当たり)

**凝固**……液体を冷却していくと、ある温度で流動性を失って固体に変化する。

**凝固点**……凝固が起こる温度。純物質では融点と同じ(混合物は融点の方が低い)

**凝固熱**……凝固の際に放出される熱量。融解熱と等しい。

#### 液体・気体

**蒸発**……液体の構成粒子が運動エネルギーを得て粒子間引力に打ち勝ち、液体の表面から飛び出していくこと。要は液体から気体になること。

**凝縮**……気体の粒子がエネルギーを奪われて液体へと戻ること

**平衡状態**……気液平衡とも。蒸発する分子の数と凝縮する分子の数が等しくなると、見かけ上は蒸発も凝縮もしていないように見える(見えるだけ)。

**飽和蒸気圧**……平衡状態の蒸気が示す圧力。一定温度では液体固有の飽和蒸気圧がある。また、温度の上昇に伴って飽和蒸気圧も増加する。

**沸騰**……液体内部からも蒸発が起こること。外圧と飽和水蒸気圧が等しくなった時に起こる。

**沸点**……沸騰が起こる温度。外圧により変化する。例としては高地での調理(高地は気圧が低く、沸点も低い。富士山頂では、水の沸点が約88°Cまで下がる)。

**蒸発熱**……気化熱とも言う。蒸発・沸騰の際に奪われる熱量。気化冷凍法はこれを利用している。例：打ち水、気化冷凍法

**昇華**……固体から直接気体になる状態変化。気体から固体になる状態変化には正式な名称がないが、これも昇華と呼ばれることが多い。例：ドライアイス

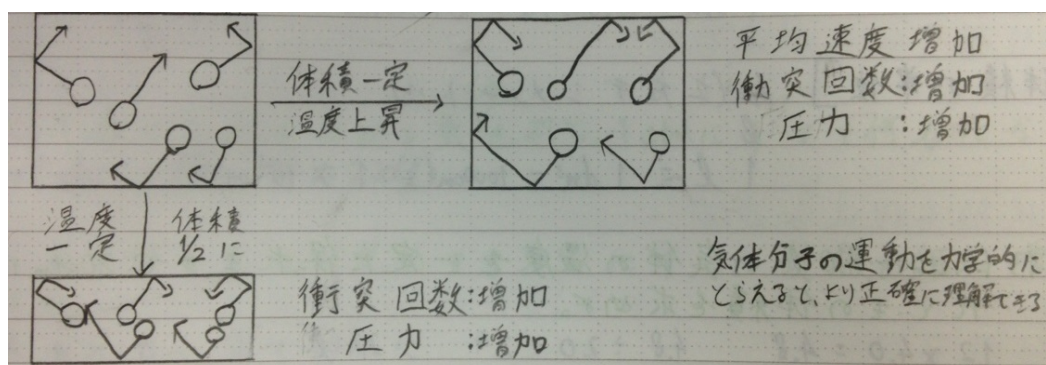
## (2) 気体の性質

### (a) 気体分子の運動と拡散

**拡散**……異種の粒子を接触させた時に混じり合う減少。この時、どこもほぼ均等に混ざる。これは粒子の熱運動によるもので、気体・液体・固体それぞれで起こる。また、気体分子が自由に飛行運動していることを示している。

気体分子の飛行速度は非常に速い。また、温度の上昇によって更に早くなる。一定温度であれば、分子量が小さいものほど速い。

**圧力**……期待を密閉した容器中に入れると、分子は容器の壁に衝突して跳ね返る。その回数が多いほど圧力は大きくなる。また、分子は内側から内壁を押している。いい図が見つからなかったので、製作者のノートの写真で我慢して下さい。



### (b) 気体の体積と圧力の関係

**ボイルの法則**……温度が一定の時、一定量の気体の体積は、圧力に反比例する。

気体分子の運動を考えると、体積が 1/2 になった場合、  
単位体積中の分子数 2 倍 内壁への衝突回数 2 倍 → 圧力 2 倍

ある一定量の期待に圧力  $P$  をかけると体積  $\bar{V}$  だった場合、

$P\bar{V} = k$  が成り立つ。  $k$  は定数(気体ごとに違う)

圧力  $P_1$ 、体積  $\bar{V}_1$  の期待を温度一定で圧力  $P_2$  にすると、体積は  $\bar{V}_2$  になった。このとき、  
 $P_1\bar{V}_1 = P_2\bar{V}_2 = k$  が成り立つ。

圧力の単位……Pa(パスカル)、atm(気圧)、mmHg(水銀柱ミリメートル)など。

$$1\text{atm} = 101325\text{Pa} = 1013.25\text{hPa} = 760\text{mmHg}$$

体積の単位…… $\text{dm}^3$ (立法デシメートル)、 $\ell$ (リットル)など。

$$1\ell = 1\text{dm}^3 = 1000\text{cm}^3 = 1 \times 10^{-3}\text{m}^3$$

(c) 気体の体積と温度の関係

シャルルの法則……圧力が一定のとき、一定量の気体の体積は、温度が1°C上昇する事に、その気体の0°Cの体積の $\frac{1}{273}$ ずつ増加する。

$$\bar{V} = \bar{V}_0 + \bar{V}_0 \left(\frac{1}{273}\right)t = \bar{V}_0 \left(1 + \frac{t}{273}\right) \quad \bar{V} : t^\circ\text{Cのときの体積} \quad \bar{V}_0 : 0^\circ\text{Cのときの体積}$$

$t = -273$ のとき、理想気体なら体積0になる(-273°C : ~~ゼロたいれいど~~絶対零度)

絶対温度……絶対零度を基準として、摂氏目盛をつけたもの。文字 $T$ で表し、単位はケルビン(記号はK)。  $T = t + 273$   $-273^\circ\text{C} = 0\text{K}$ (※オーケーではなくゼロ K)

(d) 気体の体積と温度及び圧力の関係

圧力と温度を同時に変えた場合

	状態 I	状態 II	状態 III	
圧力	$P_1$ →	$P_2$	$P_2$	$P_1\bar{V}_1 = P_2\bar{V}_1'$
温度	$T_1$	$T_1$ →	$T_2$	$\frac{\bar{V}_1'}{T_1} = \frac{\bar{V}_2}{T_2}$
体積	$\bar{V}_1$ →	$\bar{V}_1'$ →	$\bar{V}_2$	$\frac{P_1\bar{V}_1}{T_1} = \frac{P_2\bar{V}_2}{T_2}$

一般的に表すと、 $\frac{P\bar{V}}{T} = k$ (定数)または $P\bar{V} = kT$

ボイル・シャルルの法則……一定量の気体の体積は、絶対温度に比例し、圧力に反比例する、という法則。ただ単純にボイルの法則とシャルルの法則を組み合わせただけ。ね、簡単でしょう？

(e) 気体の状態方程式……気体の標準状態(0°C, 1atm)で体積が 1mol のとき、 $k$ の値( $\frac{P\bar{V}}{T} =$

$k$ の話)を考えると、体積 $\bar{V} = 22.4(\ell/\text{mol})$

$k$ を求めると、 $k \approx 0.082(\ell \cdot \text{atm}/\text{K} \cdot \text{mol})$ になる(驍単位は気にするな)となる。この $k$ の値を**気体定数**といい、文字 $R$ で表す。

$$R \approx 0.082 \left( \ell \cdot \frac{\text{atm}}{\text{K}} \cdot \text{mol} \right) = 83.14(\text{hPa} \cdot \text{dm}^3/\text{K} \cdot \text{mol})$$

気体の状態方程式…… $k$ を $R$ に書き換えると、ボイル・シャルルの法則の公式は $P\bar{V} = RT$ となる。また、物質量を考慮すると、 $P\bar{V} = nRT$ になる( $n$ は物質量)。この式が気体の状態方程式。厳密に言えば「理想」気体の状態方程式。気体の種類に関係なく、物質量、圧力、温度、体積間の変換関係を表している。

発展学習(P62~)

(3) 理想気体と実在気体

理想気体の条件

1. 分子間力が0であり、いかなる条件下でも液体・固体にならない

2. 分子を体積 0 の完全弾性体(力を加えた時だけ変形し、力を抜くと完全に元に戻る物質。[コトバンク](#)より)とみなす

状態方程式の応用

気体の分子量  $M$  の算出

圧力  $P$ , 体積  $\bar{V}$ , 温度  $T$  において、分子量  $M$ , 質量  $w(g)$  の気体がある。このとき、

$$n(\text{mol}) = \frac{w(g)}{M(\text{g/mol})} \quad P\bar{V} = nRT \text{ に代入すると、} \quad P\bar{V} = \frac{w}{M} RT \therefore M = \frac{wRT}{P\bar{V}}$$

(f) 気体の密度と分子量

気体の密度  $d = \frac{w(g)}{\bar{V}(l)}$  気体 1 l あたりの質量(g)

$$M = \frac{wRT}{P\bar{V}} = \frac{w}{\bar{V}} \cdot \frac{RT}{P} = d \frac{RT}{P} \therefore M = d \frac{RT}{P}$$

(g) 混合気体の分圧

全圧……混合気体が示す圧力

混合気体……互いに化学変化を起こさない期待を 2 種類以上混合した気体混合物

分圧……各成分期待がそれぞれ単独で、金剛地都同じ体積を占める時の圧力

分圧の法則……混合気体の全圧は、各成分気体の分圧の和に等しい。気体の温度を  $T(K)$ , 体積を  $\bar{V}$  とおくと、

成分	物質	分圧	状態方程式	モル分率
1	$n_1$	$P_1 = \frac{n_1}{n} P$	$P_1 \bar{V} = n_1 RT$	$\frac{n_1}{n}$
2	$n_2$	$P_2 = \frac{n_2}{n} P$	$P_2 \bar{V} = n_2 RT$	$\frac{n_2}{n}$
3	$n_3$	$P_3 = \frac{n_3}{n} P$	$P_3 \bar{V} = n_3 RT$	$\frac{n_3}{n}$
	$n = n_1 + n_2 + n_3$	$P = P_1 + P_2 + P_3$	$P \bar{V} = nRT$	$\frac{n_1 + n_2 + n_3}{n}$

各成分気体の分圧は、全圧にモル分率をかけたものに等しい。分圧比=モル比=体積比

(h) 混合気体の見かけの分子量

混合気体を純物質として扱おうと、 $0^\circ\text{C}, 1\text{atm}$  で  $22.4\text{l}$  の質量 → 見かけの分子量(モル質量)

例：空気(体積組成 窒素 80% 酸素 20%)

$$\text{見かけの分子量は } 28 \times 0.80 + 32 \times 0.20 = 28.8 \text{ より、} 28.8$$