

補足資料

拡散係数の値の例：

『現代化学工学』，橋本健治、荻野文丸編，産業図書，東京，2001年，
ページ119（表4.4、表4.5）

表4.4 気相拡散係数D

系	温度[K]	D [$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$]
H ₂ -air	298	4.10×10^{-5}
H ₂ O-air	298	2.56×10^{-5}
NH ₃ -air	298	2.29×10^{-5}
CO ₂ -air	298	1.64×10^{-5}
C ₆ H ₆ -air	298	0.88×10^{-5}
H ₂ O-H ₂	273	7.52×10^{-5}

表4.5 液相拡散係数D（希薄溶液）

拡散物質	溶媒	温度[K]	D [$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$]
O ₂	水	293	1.80×10^{-9}
CO ₂	水	293	1.77×10^{-9}
NH ₃	水	293	1.76×10^{-9}
メタノール	水	293	1.28×10^{-9}
CCl ₄	トルエン	298	2.19×10^{-9}
酢酸	アセトン	288	2.92×10^{-9}

補足～さらなる勉学のために ～ 気体分子運動論

・ 気体分子の平均運動エネルギーは $mv^2/2$ で表されるが、その値は $3k_B T/2$ になる。
これは、x 軸方向の運動エネルギー、y 軸方向の運動エネルギー、z 軸方向の運動エネルギーがそれぞれ $k_B T/2$ になるからである。一般にエネルギーの一つのモード（形式）について、温度 T[K] では、 $k_B T/2$ が割り当てられる。

・ 立方体の壁面に垂直に運動している分子のみを取り扱ったが、そうでない分子が含まれる場合の取り扱い ↓

『メイアン・大学の化学（第2版）[I]』，塩見賢吾ら訳，廣川書店，東京，1972年，2.2節

・ 気体分子の速度分布 Maxwell-Boltzmann の速度分布関数

説明が記されている HP の URL) <http://home.hiroshima-u.ac.jp/nishino/toukeippt14.pdf>

・ 平均自由行程を求める際に、運動している分子以外も運動していると考えると $2^{-1/2}$ をかけなければならない理由が説明が記されている HP の URL

<http://www.nucleng.kyoto-u.ac.jp/people/ikuji/edu/vac/app-A/mfp.html>

・ 拡散係数を算出するためのより厳密な方法 ↓

Chapman（チャップマン）-Enskog（エンスコグ）の理論

説明については、『解説化学工学』，竹内雍ら著，培風館，東京，1982年，ページ117

鈴木清へのご意見は <http://suzukiyo.bbs.fc2.com/>

特に移動現象論については <http://suzukiyo.bbs.fc2.com/?act=reply&tid=598690>

補足資料

拡散の速さについてのまとめ

気体分子の平均速度 $\langle |v| \rangle = \sqrt{\frac{8k_B T}{\pi m}}$ は我々が住んでいる環境では非常に速い。 $\sim 10^3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

但し、 k_B は Boltzmann 定数（気体定数÷アボガドロ数）。 T は絶対温度。 m は分子の質量。
 π は円周率。

平均自由行程（衝突するまでの平均移動距離） $\lambda = \frac{V}{\sqrt{2} \pi d^2 N} = \frac{1}{\sqrt{2} \pi d^2 C}$ は非常に短い。
 $\sim 10^{-7} \text{ m}$ （気体中）

但し、 V は系全体の体積。 d は分子の直径。 N は系全体に含まれる分子の数。
 C は数密度であり、単位は、 $\text{個} \cdot \text{m}^{-3}$ 。

1 個の気体分子の衝突頻度 $\frac{\langle |v| \rangle}{\lambda}$ は非常に頻繁である。 $\sim 10^{10} \text{ 回} \cdot \text{s}^{-1}$ （気体中）

時間 t の間の変位（位置の変化） \vec{x} の二乗の平均値の平方根 $\sqrt{\langle |\vec{x}|^2 \rangle} \doteq \sqrt{3Dt}$ は非常に短い。

但し、拡散係数 $D \doteq \frac{1}{3} \lambda \langle |v| \rangle$ 。
 $\sim 10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ （気体中）
 $\sim 10^{-9} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ （液体中）

濃度が均一になっていく過程について：

Fick の拡散法則

$$J = -D \frac{\partial C}{\partial x} \quad \text{または} \quad J' = -D \frac{\partial C'}{\partial x}$$

が成立する。

但し、 x は、ある方向（これを x 方向とする）についての位置であり、その単位は m である。

$\frac{\partial C}{\partial x}$ は C の x による偏微分係数である。

x 方向に垂直な単位面積を単位時間あたりに $+x$ 方向に通過する分子の数（物質流束）を J （単位は、 $\text{個} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ）または J' （単位は、 $\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ）とする。

C' はモル濃度（単位は $\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}$ ）。上記したように C は数密度（単位は $\text{個} \cdot \text{m}^{-3}$ ）。

学籍番号 _____ 氏名 _____

Fickの拡散法則

<問5>

全体としては静止している気体中で、ある物質が不均一に分布している。その物質が、ある方向（これを x 軸方向とする）に垂直な単位面積 (1m^2) を、単位時間 (1s) 当りに x 軸方向に通過するモル数（これを“物質流束”と呼ぶ。単位は $\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) を J' とする。 J' と濃度の関係を示せ。

<問6>

20°C 、 1 気圧の空気中における窒素分子の拡散係数の値を簡単な気体分子運動論によって概算せよ。

<問7>

25°C 、 1 気圧の大気中での二酸化炭素のモル濃度 C' を測定したところ、位置 x に対して図1のようであった。この場合に、 x に垂直な単位面積 (1m^2) を単位時間 (1s) 当りに $+x$ 方向に通過するモル数（これを“物質流束”と呼ぶ。単位は $\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) を x の関数として求めよ。ただし、この条件での二酸化炭素分子の拡散係数は $1.64 \times 10^{-5} \text{m}^2/\text{s}$ である。

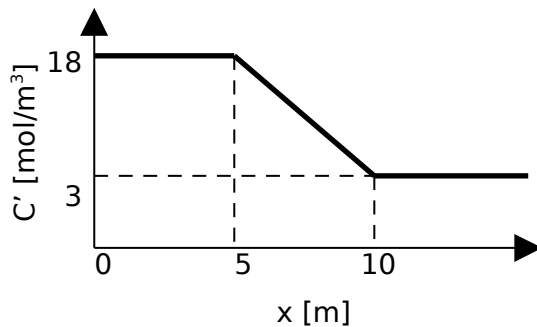


図1. 二酸化炭素モル濃度 C' の位置 x による変化