分子の大きさとアボガドロ定数

❏ 目的

水面上にオレイン酸（脂肪酸の一種）の薄膜を作り、その拡がりの面積の測定から非常に小さな分子の大きさと、極めて大きい分子数（アボガドロ定数）を決定する。

❏ 実験用具

オレイン酸をエチルアルコールに溶かした液（濃度 0.1%）、目盛付スポイト、水槽、コルクの粉末、ものさし

❏ 解説

(1) オレイン酸分子は、水素原子（H）34 個、炭素原子（C）18 個、酸素原子（O）2 個とからできていて、図 1 のようにつながっている。

(2) 密度 $\rho = 0.89$ [g/cm^3] であるこの分子は水にとけない。そこで、オレイン酸のアルコール溶液の少量を水中に落とすと、オレイン酸の分子は水面上に浮き、アルコールは水にまざり溶けてしまう。

(3) この分子の (A) の部分は水をはじく性質があり、(B) の部分は水になじみやすい性質がある。そこで水に入れると (A) の部分を水面上に出し、(B) を水面内に入れる形で水面上に浮く。

(4) 原子間の距離 r が、すべて同じだと仮定すると、図 1 からこの分子の形は、直径 $2r$、長さ $d = 20r$ の円筒形としてよいであろう。円筒の体積は $\pi r^2 d$ だから、これを 1 分子の体積とみなす。

(5) 水素原子、炭素原子、酸素原子の相対的質量は 1.01、12.01、16.00 であり、この数を原子量という。この単位で測った オレイン酸分子の質量（分子量）は、この分子を作っている原子の個数と質量から求められる。

(6) 解説の (1) と (5) を参考にして計算すると、オレイン酸の分子量は 282.52（$= 1.01 \times 34 + 12.01 \times 18 + 16.00 \times 2$）になる。グラム数が分子量と等しいとき、その量を 1 モルという。1 モル（$M = 282.52$ [g]）のオレイン酸の体積 V を密度 ρ（$= 0.89$ [g/cm^3]）を使って求めると、

$$V = \frac{M}{\rho} = \frac{282.52}{0.89} = 317.4 \text{ [cm}^3\text{]}$$

になる。1 モル中の分子数 N_{A} は、分子の種類によらない基本的定数であって、アボガドロ定数という。

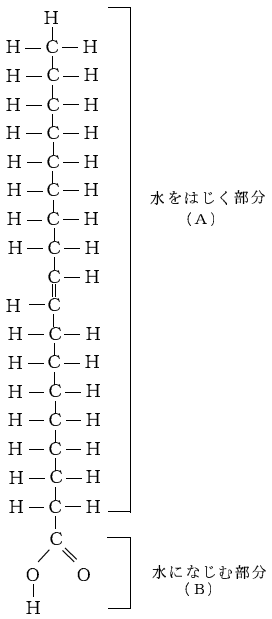

図 1　オレイン酸分子
$CH_3(CH_2)_7CH = CH(CH_2)_7COOH$
の構造

❑ 実験方法

(1) オレイン酸のアルコール溶液（以下 混合液 という）を目盛付スポイトに正確に $1\mathrm{cm}^3$ とって、もとの混合液の容器に 1 滴ずつ落とし、$1\mathrm{cm}^3$ が何滴になるかをかぞえる。この測定を数回おこなって、滴数 k の平均値を求める。

(2) 水槽をよく洗い、水をあふれさせながらしばらく流したあと、水槽のおよそ 1/3 の水深になるまで水を入れる。

(3) コルクの粉末の容器を水面の上で軽く振りながら、コルク粉末が水面にうすく一様に拡がるようにまく。

(4) 目盛付スポイトに混合液を少量とり水面上 2 ～ 3cm の高さからコルクの粉末をまいた水面の中心に、しずかに 1 滴おとす。混合液はコルクの粉末をおしのけて水面上にあき地 (オレイン酸の薄膜) をつくるのが見られる。

(5) 混合液の拡がりが止まったら、この空き地の面積 S_1 を測る。たとえば 図 2 のように
　(a) 円形に近ければ、直径 $2a$ を測って面積 πa^2 を求める。
　(b) 楕円形に近ければ、長軸 $2a$ と 短軸 $2b$ を測って面積 πab を求める。
　(c) あき地のヘリに凹凸があれば、平均の直径を使ってよい。
　(d) もっと複雑な形のときには、いくつかの部分にわけて推定してもよい。

(6) このあき地の中心に、2 滴目を落として、上と同様に面積 S_2 を求める。同様に 5 滴まで続け、S_5 まで求める。

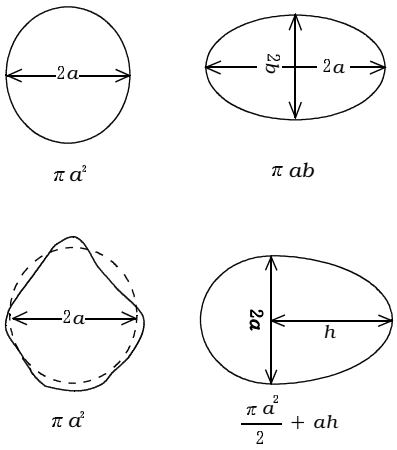

図 2　面積の決定

❏ 実験例

回数	滴数 k
1	57
2	58
3	59
平均値 $\bar{k} = 58$	

滴数 n	S_n [cm^2]	$S_n - S_{n-1}$ [cm^2]
1	43.0	43.0
2	83.8	40.8
3	123.0	39.2
4	169.8	46.8
5	219.9	50.1

≪注意≫　$S_n - S_{n-1}(S_0 = 0)$ は何を意味するか考え、その値をくらべて 2 つ以上が大きくばらついていたら実験をやりなおす。

❏ 実験結果の整理

（必ず単位を記入すること。）

(1) 混合液 1 滴の中のオレイン酸の体積 v を求める。混合液 中のオレイン酸の濃度は 0.1% だから、1cm^3 中のオレイン酸の体積は 0.001cm^3 である。実験方法の (1) で求めた滴数の平均値 $\bar{k}$ を使って混合液 1 滴中のオレイン酸の体積 v を求めよ。

$$v = \frac{0.001}{\bar{k}} =$$

(2) 1 滴を水面上に落としたときの、拡がりの平均の面積 S を計算し (1) で求めた v を用いて、膜の厚さ d を求めよ。

$$S = \frac{S_n}{n} =$$

$$d = \frac{v}{S} =$$

(3) オレイン酸分子を円筒形と仮定して、その体積 v_0 を求めよ。

$$r = \frac{d}{20} =$$

$$v_0 = \pi r^2 d = 20\pi r^3 =$$

(4) 混合液 1 滴中のオレイン酸の分子数はどれだけか。

$$\frac{v}{v_0} =$$

(5) アボガドロ定数 N_{A} を、解説の (6) を参考にして求めよ。

$$N_{\mathrm{A}} = \frac{V}{v_0} =$$