

令和6年度

お茶の水女子大学 理学部 化学科

後期日程 論述試験問題

Avogadro 定数に関する以下の文章を読み、問 1~4 に答えよ。

物質が、原子とそれらが結合した分子から構成されていることは、化学の最も基礎となる事項である。現在、分子の数は Avogadro 定数 (N_A) を基準として数えられる。一方 N_A は、もともと分子の式量に g を付けた重さの単体に含まれる分子の数として導入された。この量を「グラム分子」と呼ぶことにする (例えば、酸素分子のグラム分子は、32 g の O_2 を意味する)。グラム分子に含まれる分子の数が一定であることは Avogadro の法則 (1811 年) から予想されていたが、目に見えない分子の存在が確実視されるようになったのは、 N_A と分子の大きさが実験的に確実に決定された 1900 年代になってからである。

ここでは、グラム分子が示す面積と体積、および分子構造に対する考察から、 N_A と分子の大きさを推定してみよう。

問 1 表 1 によれば、アルキル鎖の長さによらずグラム分子の単分子膜の面積 (S) は似通っている。なお、水面上の単分子膜とは、図 1 のように、水面上に分子が 1 層に並んだ膜である。そこで、これらの単分子膜における分子の断面の直径 (d) と S の間の関係式として、次の式(1)が成立すると推定した：

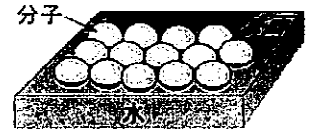


図 1 単分子膜の概念図

$$S \approx N_A \times \pi(d/2)^2 \quad (1)$$

ここで「 \approx 」は、おおよそ等しいことを意味する。

この式(1)はどのように考えて導出されるか、単分子膜の構造をもとに考えを述べよ。

問 2 表 2 によれば、グラム分子の体積 (V) についても長鎖の分子を除いて似通っている。そこでこれは、これらの固体がおおよそ同じ大きさの球形分子が配列した構造とみなせるためと考えた。分子の直径を問 1 の d と等しいと仮定し、 V と d の間の関係式を推定せよ。理由も示すこと。

問 3 表 1、表 2 の値を参考に、問 1 と問 2 の関係式を用いて N_A と d の値を求めよ。過程も示すこと。

問 4 現在、 $N_A = 6.02214076 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ とされている。問 3 で求めた N_A の値と真の値との違いについて、その原因を考察せよ。

表 1 グラム分子の単分子膜が水面上で示す面積 (S)

分子	$S [\text{m}^2]$
CH_3OH	1.4×10^5
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{OH}$	1.6×10^5
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	1.3×10^5

表 2 グラム分子の固体が示す体積 (V)

分子	$V [\text{m}^3]$
Ar	2.4×10^{-5}
C_6H_6	7.7×10^{-5}
CH_4	3.1×10^{-5}
CH_3OH	3.3×10^{-5}
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	3.0×10^{-4}

2

身のまわりで見られる化学が関わる現象について、以下の問1~3に答えよ。

問1 地上において水は約100℃で沸騰する。富士山の山頂で、水の沸点はとなると予想されるか。理由も含めて論述せよ。

問2 液体の蒸発に関する以下の内容について答えよ。

- (1) 大気圧下における水の蒸発熱は41 kJ/molと、エタノールのそれ(39 kJ/mol)よりも大きい。この理由について考えられることを論ぜよ。
- (2) 蒸発熱は水の方がエタノールよりも大きいにもかかわらず、腕に水をつけたときよりもエタノールをつけたときの方が冷たく感じる理由について述べよ。

問3 融雪剤に関する以下の内容について答えよ。

- (1) 融雪剤には塩を用いることが知られているが、なかでも塩化カルシウムが使われることが多い。これは、塩化カルシウムのどのような性質を利用していると考えるか。表1のデータを参考に、塩化カルシウムを利用する理由について述べよ。

表1 塩化カルシウム、塩化ナトリウム、塩化マグネシウムの比較データ

	水への溶解熱 [J/g]	凍結温度 [°C] ^注	水溶液の飽和濃度 [wt%]
塩化カルシウム	+285	-55	39.6
塩化ナトリウム	-87	-21	23.8
塩化マグネシウム	+61	-33	44.0

注：凍結温度は、それぞれの塩の水溶液が凍結する温度を示す。水溶液の濃度によって変化するが、もっとも低い温度を示した。

- (2) 融雪剤として塩化カルシウムを用いる際に環境に与える影響について述べよ。