

1

出題意図

化学的情報（構造的知識）に基づく数的関係式の関係の理解、数的関係式の推測、立案能力。  
概算による数的関係の洞察、考察能力。  
自身の考えについての分析、数的関係の確認能力。

問1

断面積の直径を  $d$  とすると、断面積は  $\pi r^2 = \pi(d/2)^2$ 。  
この分子が  $N_A$  個、隙間なくぴったり並んでいるとすると上式になる。

問2

球の充填と考えれば、  
 $V \approx N_A \times 4\pi/3 \times r^3 = N_A \times \pi/6 \times d^3$

問3

問1, 2より、

$$V \approx N_A \times 4\pi/3 \times r^3 = N_A \times \pi/6 \times d^3$$
$$S \approx N_A \times \pi \times r^2 = N_A \times \pi/4 \times d^2$$

これより、

$$V/S \approx 4/6 \times d \rightarrow d \approx 3/2 \times V/S$$

ここで表1、表2より、（おおよその平均として）小型分子のモル体積を  $V \approx 5 \times 10^{-5} \text{ m}^3$ 、モル面積を  $S \approx 0.15 \times 10^6 \text{ m}^2$  とすれば、

$$d \approx 3/2 \times (5 \times 10^{-5}) / (0.15 \times 10^6) \approx 5 \times 10^{-10} = 0.5 \text{ nm} = 500 \text{ pm}$$
$$\rightarrow s = \pi/4 \times d^2 \approx 0.78 \times 0.25 \text{ nm}^2 \approx 0.20 \text{ nm}^2$$

これより、

$$S \approx N_A \times \pi/4 \times d^2 = N_A \times \pi/4 \times (3/2 \times V/S)^2 = N_A \times 9\pi/16 \times V^2/S^2$$

よって、

$$N_A \approx 16/(9\pi) \times S^3/V^2 = 16/(9 \times 3.14) \times (0.15 \times 10^6)^3 / (5 \times 10^{-5})^2 = 7.64 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

問4

正確な単分子膜の構造、分子断面の見積りの単純化の影響  
分子形状を無視し、体積を球で見積ることによる影響  
体積球の径と断面積円の径を同じに置くことの影響  
など

## 2

### 出題意図

身の回りの事象と化学で学んだことを結びつけて考える力。データを読み解き、問題解決に利用する力。

### 問 1

地上において大気圧は約 100 kPa であるのに対し、富士山の山頂で気圧はそれより低い。圧力が減少すると沸点は低くなるので、富士山頂では 100 °C より低い温度で水は沸騰する。

### 問 2

- (1) 水分子同士の間働く分子間力は、エタノールのそれに比べて、水素結合の分だけ大きい。そのため、その力（結合）を切って分子がバラバラな気体となるためには、大きなエネルギー（熱量）を必要とするから。
- (2) 大気圧下（同じ圧力）では、水の沸点（気化する温度）よりもエタノールの沸点の方が低い。そのため、同じ温度では気化する分子の数がエタノールの方が多く、より多くの熱量を吸収するから。

### 問 3

- (1) 溶解度にそれほど差がないが、雪を溶かすために必要な溶解熱は塩化カルシウムが最も大きく、融雪剤として優れている。また、一旦溶解した場合の最凍結温度を比べても塩化カルシウムが最も低い温度になっている。このため、塩化カルシウムを用いることが最も妥当である。
- (2) 塩害の影響。