

## 第1問

ア 分子量が大きいほど分子間に働くファンデルワールス力が強くなるため。

イ MgO, CaO, NaF, KF

ウ 金属元素：ナトリウム, カリウム, ルビジウム, セシウムから1つ

理由：価電子が1個のため、原子1個あたりの自由電子の数が少なく金属結合が弱いから。

$$\text{エ 単位格子の質量} : 18.0 \times \frac{4}{6.0 \times 10^{23}} = 1.20 \times 10^{-22} \text{ [g]}$$

$$\text{単位格子の体積} : 2 \times \frac{1}{2} \times 0.45^2 \times \sin 60^\circ \times 0.74 \doteq 0.129 \text{ [nm}^3\text{]} = 1.29 \times 10^{-22} \text{ [cm}^3\text{]}$$

以上より、密度は  $\frac{1.20 \times 10^{-22}}{1.29 \times 10^{-22}} = 0.930 \text{ [g} \cdot \text{cm}^{-3}\text{]}$  であるから、 $0^\circ\text{C}$ の氷の密度は水の

$1.00 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ より小さい。

オ (A) (3) (B) (3)

カ 希薄溶液では、溶媒分子数 $\gg$ 溶質分子数であるから、溶質のモル分率は溶質分子と溶媒分子の比を用いて表せる。よって、この近似が成り立つ範囲では、質量モル濃度はモル分率に比例する。ここで、水溶液  $1.0 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$ を溶質のモル分率になおすと、

$$\frac{1.0}{\frac{1000}{18.0}} = 0.018$$

となる。つまり、溶質のモル分率 0.018 あたり沸点が 0.52 K 上昇する。

次に、問題文から  $\Delta P = (1-x)P_0$  であるから、 $\Delta P$  は溶質のモル分率に比例するので、溶質のモル分率は  $7.2 \times 10^{-4}$  であることより、沸点の差は、

$$0.52 \times \frac{7.2 \times 10^{-4}}{0.018} = 2.08 \times 10^{-2} \doteq 2.1 \times 10^{-2} \text{ [K]}$$

答： $2.1 \times 10^{-2} \text{ K}$

キ 粉末には A よりも昇華点が高い成分や低い成分、昇華性の低い成分などが含まれており、ゆるやかな温度勾配をつけることにより、X には昇華点が高い成分や昇華性の低い成分、Z には A よりも昇華点の低い成分が凝華するようにし、Y において A を高純度で得ることができるから。

ク a,b：再結晶，抽出（順不同）

理由：その溶媒に対する溶解性が似た不純物が完全に除去されないため、これを除くため。

ケ 気体の密度を  $d$  [ $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ] とすると、気体の分子量  $M$  を用いて、気体の状態方程式における、気体のモル濃度  $\frac{n}{V}$  [ $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ] は、 $\frac{d\times 10^3}{M}$  [ $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ] と書けるから、状態方程式より、

$$d = \frac{2.00 \times 10^7 \times 18.0}{8.31 \times 10^3 \times 650 \times 10^3} = 6.66 \times 10^{-2} \approx 6.7 \times 10^{-2} \text{ [g}\cdot\text{cm}^{-3}\text{]}$$

答:  $6.7 \times 10^{-2} \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$

コ 蒸発エンタルピー

第2問

ア 二酸化炭素: 残留気体

理由: 無極性分子であり、水溶液中では平衡が未電離側に移動するため溶けにくくなるから。

硫化水素: 凝縮水

理由: 極性分子のため、未電離の状態でも水に溶けるから。

塩化水素: 凝縮水

理由: 水中で完全電離する、水に溶けやすい気体であるため。

イ 求める溶解度を  $c$  [ $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ] とおくと、この pH では  $K_2$  の値より、炭酸イオンの存在量は炭酸水素イオンに比べ無視できるので、溶液中の  $[\text{Ca}^{2+}] = c$  [ $\text{mol/L}$ ],  $[\text{HCO}_3^-] = 2c$  [ $\text{mol/L}$ ] である。また、溶解度積より、 $[\text{CO}_3^{2-}] = \frac{5.0 \times 10^{-9}}{c}$  [ $\text{mol/L}$ ], さらに pH より  $[\text{H}^+] = 5.0 \times 10^{-9}$  [ $\text{mol/L}$ ] である。以上を  $K_2$  の式に代入して、

$$\frac{5.0 \times 10^{-9} \times \frac{5.0 \times 10^{-9}}{c}}{2c} = 5.0 \times 10^{-11}$$

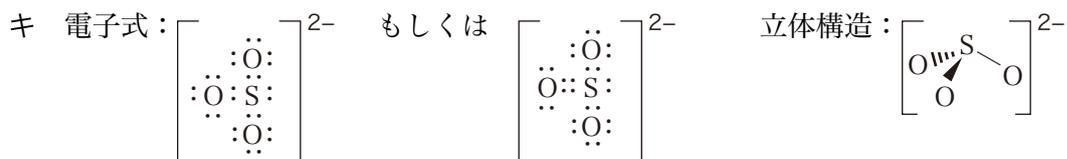
これを解いて、 $c = 5.0 \times 10^{-4}$  [ $\text{mol/L}$ ]

答: (あ)

ウ 下線部③の溶液には硫化物イオンが含まれており、硝酸銀水溶液を加えると、塩化銀の他に硫化銀の沈殿を生成するから。



理由: 生成した硫黄はほとんど水に溶けず、溶液中での濃度が極めて低い状態に保たれるため、反応が硫黄の生成する方向に進み続けるから。



理由：中心の硫黄原子の周りに電子対が 4 組あることから、電子対の反発が最小となる四面体の頂点方向に電子対が伸張り、そのうち 3 つの頂点に酸素原子が結合するから。

ク  $K = \frac{K_{GQ}K_{WW}}{K_{GW}K_{WQ}}$

ケ 平衡が右に偏る条件とは、 $K$  が大きな値となることであるから、 $\log_{10}K$  が正の値をとることと等しい。ここで、クより、

$$\begin{aligned} \log_{10}K &= \log_{10}K_{GQ} + \log_{10}K_{WW} - \log_{10}K_{GW} - \log_{10}K_{WQ} \\ &= \alpha_G\beta_Q + \alpha_W\beta_W - \alpha_G\beta_W - \alpha_W\beta_Q \\ &= (\alpha_G - \alpha_W)(\beta_Q - \beta_W) \end{aligned}$$

であるから、 $\log_{10}K$  が正の値となるのは、

$$\alpha_G - \alpha_W > 0 \quad \text{かつ} \quad \beta_Q - \beta_W > 0 \quad \text{つまり} \quad \alpha_G > \alpha_W \quad \text{かつ} \quad \beta_Q > \beta_W$$

もしくは

$$\alpha_G - \alpha_W < 0 \quad \text{かつ} \quad \beta_Q - \beta_W < 0 \quad \text{つまり} \quad \alpha_G < \alpha_W \quad \text{かつ} \quad \beta_Q < \beta_W$$

となり、条件 1, 2 が示された。

コ 条件 1：G と Q の間にはそれぞれと W との間よりも強い静電気力が生じるため、G と Q が自発的に G・Q を生成しようとする。

条件 2：W 同士に強い静電気力が発生するため、W・W が自発的に生成しやすく、結果的に G・Q の生成が促進される。

サ G：(き)、Q：(き) 成立している条件：条件 2

理由：疎水基は水との親和性が弱いことから、水分子同士の水素結合が生成しやすいため、条件 2 により、W・W の自発的生成に由来してミセルが形成する。

### 第 3 問

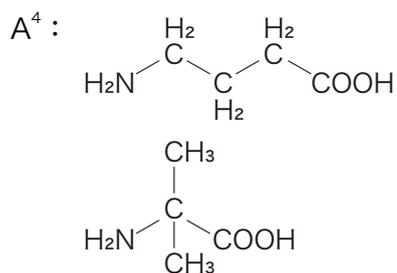
ア 試薬：(4) 液性：(7)

イ  $A^1$  : リシン  $A^2$  : アラニン  $A^3$  : グリシン

もしくは

$A^1$  : グルタミン酸, アスパラギン酸のいずれか  $A^2$  : リシン  $A^3$  : グリシン

注: 電離定数が与えられていないが, 実際の値から考えると, 酸性アミノ酸とリシンからなるジペプチドは, pH7 では酸性アミノ酸の側鎖のカルボキシ基, リシンの側鎖のアミノ基のいずれもがほぼイオンの状態で存在しているため, 電氣的に中性であるから結果 6 の電気泳動でほぼ動かない (ごく一部が陽極側に動くと予想される)。よって, a を  $A^2 \sim A^4$ , c を  $A^2 \sim A^3$  と考えれば, すべての実験結果を満たす。

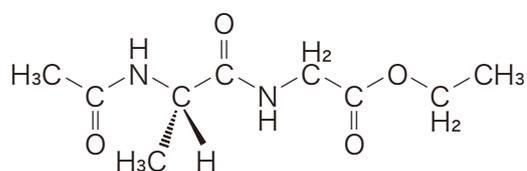


ウ あ: ジアステレオ異性体 (ジアステレオマー)

い: 活性化エネルギー      う: 手前

エ 4 種類

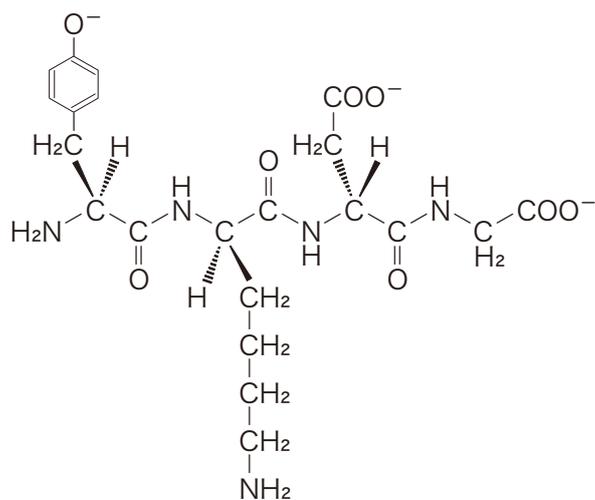
オ



カ 保護基であるアセチル基の除去は, アミド結合の加水分解であるが, これはペプチド結合の加水分解と同様の反応であるから, 保護基にアセチル基を用いると, 同時に生成済みのペプチド結合の分解も起こってしまうため, 収率が低下してしまう。

キ ろ過した後, 水でビーズを洗浄する。

ク



ケ ニンヒドリン反応を起こすのは，行程②で生じたアミノ基であり，呈色したことは  $\text{Y}^3$  と結合しなかったペプチドのアミノ基が残っていることを意味しているので，もう一度  $\text{Y}^3$  を加えて行程③の反応を繰り返す。