

## 高3 化学総合 S・SA～前期第9回～ <解答>◆希薄溶液の性質◆

### <予習用問題>

#### 【1】

(1) 析出する  $\text{KNO}_3$  の質量を  $x$  [g] とおくと

$$\frac{\text{析出量}}{\text{溶液量}} : \frac{63.9-22.0}{100+63.9} = \frac{x}{100} \quad \text{ゆえに } x \doteq 25.6 \text{ [g]}$$

(2)  $20^\circ\text{C}$  の飽和溶液の質量%は  $\frac{34.2}{100+34.2} \times 100 \doteq 25.5\%$  であるから、 $30\% \text{KCl}$  溶液は

できない。

(3) 加える硫酸銅(II)五水和物  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  を  $x$  [g] とすると、この中に含まれる

$\text{CuSO}_4$  (無水物) は  $\frac{160}{250}x$  [g] である。

よって、 $20^\circ\text{C}$  の飽和条件より

$$\frac{\frac{160}{250}x}{1000+x} = \frac{20.2}{100+20.2} \quad \text{ゆえに } x \doteq 356 \text{ [g]}$$

(4) (B)

(理由) 水 100g 中のイオンの総物質量は、(A)  $\text{KNO}_3 : \frac{1}{101} \times 2 = \frac{1}{50.5}$  [mol]

(B)  $\text{KCl} : \frac{1}{74.5} \times 2 = \frac{1}{37.25}$  [mol]      (C)  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 : \frac{1}{132} \times 3 = \frac{1}{44}$  [mol]

溶液の凝固点降下度は溶質粒子数に比例するから、物質量の最も大きい(B)の凝固点が最も低い。

#### 【2】

<解答>

(1) 左      (2) 半透膜を通して水が浸透するため。      (3) 0.058 g      (4)  $\text{CH}_2\text{O}$

(5) 180,  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$       (6) 溶液の浸透圧に等しい圧力を溶液側に加えるとよい。

<解説>

(3) 浸透した水は、液位差 8 cm より  $\frac{8}{2} = 4$  [mL],  $6.0 \times 10^{-3}$  g の溶質が

100+4=104 [mL] の溶液中に溶けているから

$$6.0 \times 10^{-3} \times \frac{1000}{104} \doteq 0.058 \text{ [g/L]}$$

(4) 組成式を  $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$  とおくと

$$x : y : z = \frac{40.0}{12} : \frac{6.6}{1} : \frac{53.4}{16} \doteq 3.3 : 6.6 : 3.3 = 1 : 2 : 1 \quad \text{よって } \text{CH}_2\text{O}$$

(5) 液位に 8 cm の差が生じたときの浸透圧は  $\frac{8}{1034} \times 10^5 \text{ Pa}$  である。

$$PV=nRT \quad \text{および} \quad n=\frac{w}{M} \quad \text{より} \quad PV=\frac{w}{M}RT$$

$$\text{よって,} \quad M=\frac{wRT}{PV}=\frac{6.0 \times 10^{-3} \times 8.3 \times 10^3 \times 300}{\frac{8}{1034} \times 10^5 \times \frac{104}{1000}} \doteq 180$$

$\text{CH}_2\text{O}=30$  より 分子式  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$

### 【3】

<解答>

問1 ア 電解質 イ 負 ウ 正 エ 水素 オ 水和

問2 (1)  $2.0 \times 10^{-3}P_0$

(2) ビーカーBの水溶液の濃度の方が薄く、BからAへ水が移動する。ここで、

初めの水は18.0[g]なので移った水の質量を  $x$ [g]とおくと、与式  $\Delta P = \frac{n}{N} P_0$  より、

$$\Delta P = \frac{\frac{0.0585}{58.5} \times 2}{\frac{18.0+W}{18.0}} P_0 = \frac{\frac{0.0293}{58.5} \times 2}{\frac{18.0-W}{18.0}} P_0 \quad \therefore x=6.00[\text{g}]$$

以上より、各ビーカーの水の質量は、

$$\text{A} \quad 18.0+6.00 \doteq 24[\text{g}], \quad \text{B} \quad 18.0-6.00 \doteq 12[\text{g}]$$

(3) C 22 [g]    D 32 [g]    E 0 [g]

問3 (1)  $T_A$     (2)  $\beta$     (3) 0.10[mol/kg]

<解説>

$$\text{問2 (1)} \quad \Delta P = \frac{\frac{0.585}{58.5} \times 2}{\frac{180}{18}} P_0 = 2.0 \times 10^{-3} P_0$$

(3) 溶液の蒸気圧は純水の蒸気圧より必ず低くなるので、ビーカーC、Dの蒸気圧は必ずEの蒸気圧より低くなる。よって最終的にEの水の量は0gとなる。

このため、 $18 \times 3 = 54.0$ [g]の水が蒸気圧が等しくなるようにCとDに分配される

ことになるので、最終的なCの水の量を  $x$  [g]、Dの水の量を  $y$  [g]とすると

$$\frac{\frac{0.0585}{58.5} \times 2}{\frac{x}{18}} = \frac{\frac{0.111}{111} \times 3}{\frac{y}{18}}, \quad x+y=54 \quad \therefore (x, y) = (21.6, 32.4)$$

問3 (3) 希薄溶液が凝固する際、生じた固体に溶質は含まれていない。よって

$$100\text{gの固体は純水な氷であるから,} \quad \frac{\frac{0.585}{58.5}}{\frac{200-100}{1000}} = 0.1[\text{mol/kg}]$$

## <演習問題>

### 【1】<解答>

(1) 温度一定のとき、溶解度の小さい気体の溶解度は、溶媒に接しているその気体の圧力に比例する。

(2)  $4.0 \times 10^5 \text{ Pa}$       (3) 1.2 L      (4)  $4.4 \times 10^4 \text{ Pa}$       (5)  $2.1 \times 10^5 \text{ Pa}$

<解説> (2)  $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  で溶ける  $\text{CO}_2$  は  $\frac{1.12}{22.4} = 0.0500 \text{ [mol]}$

0.20 mol を溶かすには、圧力を  $\frac{0.20}{0.0500} = 4$  [倍] にすればよい。

$$4 \times 1.0 \times 10^5 = 4.0 \times 10^5 \text{ [Pa]}$$

(3) 溶ける量は圧力が  $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  のときの2倍で  $0.0500 \times 2 = 0.10 \text{ [mol]}$

気体として残る  $\text{CO}_2$  は  $0.20 - 0.10 = 0.10 \text{ [mol]}$

この気体の体積は気体の状態方程式  $PV = nRT$  より

$$2.0 \times 10^5 \times V = 0.10 \times 8.3 \times 10^3 \times (273 + 7)$$

$$V = 1.16 \approx 1.2 \text{ [L]}$$

(4) 気体の全物質量は、状態方程式  $PV = nRT$  より

$$2.1 \times 10^5 \times 10 = n \times 8.3 \times 10^3 \times 280 \quad n = 0.904 \text{ [mol]}$$

窒素の物質量  $n'$  は

$$0.70 \times 10^5 \times 10 = n' \times 8.3 \times 10^3 \times 280 \quad n' = 0.301 \text{ [mol]}$$

質量は  $28 \times 0.301 \approx 8.43 \text{ [g]}$

よって、二酸化炭素と酸素の混合気体の物質量は  $0.904 - 0.301 = 0.603 \text{ [mol]}$

質量は  $30 - 8.43 = 21.57 \text{ [g]}$

二酸化炭素を  $x \text{ [mol]}$ , 酸素を  $y \text{ [mol]}$  とすると

$$x + y = 0.603 \quad \text{かつ} \quad 44x + 32y = 21.57$$

これを解くと  $x = 0.189 \text{ [mol]}$

$\text{CO}_2$  の分圧 = 全圧  $\times$  モル分率 =  $2.1 \times 10^5 \times \frac{0.189}{0.904} \approx 4.4 \times 10^4 \text{ [Pa]}$

(5)  $\text{CO}_2$  の分圧を  $p' \text{ [Pa]}$ , 気体の  $\text{CO}_2$  を  $a \text{ [mol]}$ , 水に溶解した  $\text{CO}_2$  を  $b \text{ [mol]}$  とする。気体は  $2.1 + 10 = 12.1 \text{ [L]}$  であるから

$$p' \times 12.1 = a \times 8.3 \times 10^3 \times 280 \quad \text{より} \quad a = 5.21 \times 10^{-6} p' \text{ [mol]}$$

溶解度より  $b = 0.0500 \times \frac{p'}{1.0 \times 10^5} = 5.0 \times 10^{-7} p' \text{ [mol]}$

全  $\text{CO}_2$  は  $0.20 + 0.189 = 0.389 \text{ [mol]}$

よって  $5.21 \times 10^{-6} p' + 5.0 \times 10^{-7} p' = 0.389 \quad p' = 6.81 \times 10^4 \text{ [Pa]}$

容器 B 中にあった  $\text{O}_2$  と  $\text{N}_2$  の分圧の和は

$$2.1 \times 10^5 - 4.4 \times 10^4 = 1.66 \times 10^5 \text{ [Pa]}$$

コックを開けたときの圧力  $p''$  は、ボイルの法則より

$$1.66 \times 10^5 \times 10 = p'' \times 12.1 \quad p'' = 1.37 \times 10^5 \text{ [Pa]}$$

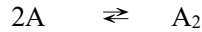
全圧 = 分圧の和 =  $p' + p'' = 6.81 \times 10^4 + 1.37 \times 10^5 \approx 2.1 \times 10^5 \text{ [Pa]}$

【2】問1

(ア)  $\Delta T = k_f m$  において、質量モル濃度  $m$  [mol/kg]は

$$m = \frac{\frac{W_1}{M}}{\frac{W_0}{1000}} = \frac{1000W_1}{MW_0} \text{ [mol/kg]} \quad \text{よって } \Delta T = k_f \frac{1000W_1}{MW_0} \text{ より } M = \frac{1000W_1 k_f}{\Delta T W_0} \text{ [g/mol]}$$

(イ)  $2A \rightleftharpoons A_2$  において、 $m_0$  [mol]のAを溶解したとき、会合度が $\alpha$ であるとする、溶媒は1kgであるから



平衡時  $m_0(1-\alpha) \quad \frac{m_0}{2}\alpha \quad \text{[mol/kg]} \quad \text{よって } \frac{m_0}{2}\alpha$

(ウ)  $\Delta T_0 = k_f m_0$  ,  $\Delta T = k_f \left\{ m_0(1-\alpha) + \frac{m_0\alpha}{2} \right\} = k_f m_0 \left( 1 - \frac{1}{2}\alpha \right)$

したがって  $\frac{\Delta T}{\Delta T_0} = 1 - \frac{\alpha}{2}$

(エ) 平衡定数  $K_3 = \frac{[A_2]}{[A]^2} = \frac{\frac{m_0\alpha}{2}}{\{m_0(1-\alpha)\}^2} = \frac{\alpha}{2m_0(1-\alpha)^2} \text{ [kg/mol]}$

(オ) カルボキシル (カ) 水素

問2

a: 一定量の溶媒に溶解している溶質粒子の物質量が大きいほど、凝固点降下度は大きくなる。一定の質量の溶質を溶解したとき、モル質量が大きいと溶質の物質量は小さくなるため、凝固点降下度も小さい。よって①

b:  $K_3$ が一定であることより  $m_0$  [mol]が大きくなると、 $\alpha$  ( $0 < \alpha < 1$ )も増大することがわかる。よって②

c: 相対凝固点降下度  $\frac{\Delta T}{\Delta T_0} = 1 - \frac{\alpha}{2}$  は、 $\alpha$ が1に近づくと  $\frac{1}{2}$  に近づく。よって②

d: 安息香酸は一部の2分子が会合して1つの分子のように振舞い、溶質粒子の物質量が見かけ上小さくなるので、凝固点降下度は安息香酸の濃度から予想されるよりも小さくなる。よって②

e: ①

f: ②

問3  $\alpha = 0.50$ , 初期濃度  $5.0 \times 10^{-3}$  mol/kg のとき、平衡定数  $K_3$  は

$$K_3 = \frac{\alpha}{2m_0(1-\alpha)^2} = \frac{0.50}{2 \times 5.0 \times 10^{-3} \times (1-0.50)^2} = 2.0 \times 10^2 \text{ kg/mol}$$

平衡定数  $K_3$  は、温度が変わらなければ一定の値を保つので、会合度が0.80となるときの初期濃度  $m_0$  [mol/kg]は

$$K_3 = \frac{0.80}{2m_0(1-0.80)^2} = 2.0 \times 10^2 \text{ kg/mol} \quad \text{よって } m_0 = 5.0 \times 10^{-2} \text{ mol/kg}$$