

## No3 弱酸(塩基)の電離平衡

### 《例題3》

以下の問いに答えよ。ただし、酢酸・アンモニアの電離度はどちらも0.010、水のイオン積 $[H^+]\cdot[OH^-]$ は $1.0\times 10^{-14}$ 、 $\log_{10}2=0.3$ とする。

- (1) 0.20mol/Lの酢酸水溶液の電離定数 $K_a$ 、水素イオン濃度 $[H^+]$ 、pHを求めよ。
- (2) 0.10mol/Lのアンモニア水溶液の電離定数 $K_b$ 、水酸化物イオン濃度 $[OH^-]$ 、pHを求めよ。

1. 次の問いに答えよ。

- (1) 0.10mol/Lの酢酸水溶液の電離度 $\alpha$ 、水素イオン濃度 $[H^+]$ 、pHを求めよ。酢酸の電離定数 $K_a=2.0\times 10^{-5}$ mol/L、 $\log_{10}2=0.30$ 、 $\sqrt{2}=1.4$ とする。
- (2) 0.010mol/Lのアンモニア水の電離度 $\alpha$ 、水酸化物イオン濃度 $[OH^-]$ 、pHを求めよ。アンモニアの電離定数を $K_b=1.6\times 10^{-5}$ mol/L、水のイオン積を $K_w=1.0\times 10^{-14}$ (mol/L)<sup>2</sup>、 $\log_{10}2=0.30$ とする。
- (3)  $1.0\times 10^{-5}$ mol/Lの酢酸水溶液の電離度 $\alpha$ 、水素イオン濃度 $[H^+]$ 、pHを求めよ。酢酸の電離定数 $K_a=5.0\times 10^{-7}$ mol/L、 $\log_{10}2=0.30$ 、 $\sqrt{5}=2.2$ とする。

2. 1.0mol/Lの酢酸水溶液の電離度は $5.3\times 10^{-3}$ である。 $\log_{10}5.3=0.72$ 、 $\log_{10}2.4=0.4$ 、 $\sqrt{1.4}=1.2$ 、 $\sqrt{5.6}=2.4$ 、 $\sqrt{10}=3.2$ として、次の問いに答えよ。

- (1) 1.0 mol/Lの水溶液での酢酸分子、酢酸イオン、水素イオンのモル濃度を求めよ。
- (2) 1.0mol/Lの水溶液のpHを求めよ（小数第一位まで）。
- (3) 酢酸の電離定数 $K_a$ を表す式を示せ。
- (4) (1)の結果より $K_a$ を求めよ。
- (5) 0.20mol/Lの酢酸水溶液での $\alpha$ 、 $[H^+]$ 、pH（小数第一位まで）を求めよ。
- (6)  $c$ (mol/L)の水溶液の酢酸の電離度を $\alpha$  ( $\alpha\ll 1$ )として、電離度 $\alpha$ と水素イオン濃度 $[H^+]$ を、それぞれ $K_a$ と $c$ で表す近似式を示せ。
- (7) (6)の近似式が成り立つとき、水溶液の濃度を1/10にすると $\alpha$ は何倍になるか？
- (8) (7)の場合、pHはどれだけ大きく、または小さくなるか？

3. 1.0mol/Lの酢酸の電離度は0.0040 (0.40%) である。この酢酸水溶液の電離定数 $K_a$ とpHを求めよ。ただし、 $\log_{10} 2 = 0.30$ とする。

4. 0.10mol/Lの $\text{NH}_3$ 水の電離度は0.014 (1.4%) である。この $\text{NH}_3$ 水の電離定数 $K_b$ とpHを求めよ。ただし、 $\log_{10} 2 = 0.30$ ,  $\log_{10} 7 = 0.85$ とする。

5. 0.10mol/Lのギ酸 ( $\text{HCOOH}$ ) の電離定数は、 $25^\circ\text{C}$ において $1.0 \times 10^{-9}$ である。このギ酸水溶液の水素イオン濃度と電離度を求めよ。

6. 0.20mol/Lの $\text{NH}_3$ 水の電離定数は、 $25^\circ\text{C}$ において $1.0 \times 10^{-5}$ である。この $\text{NH}_3$ 水中の水酸化物イオン濃度と電離度を求めよ。ただし、 $\sqrt{2} = 1.41$ とする。

7. あるシアン化水素酸 ( $\text{HCN}$ ) の電離度が0.010 (1.0%) であった。このシアン化水素酸の濃度は何 mol/Lであるか。ただし、電離定数を $7.0 \times 10^{-10}$ とする。

8. 0.20mol/Lの硫酸水素ナトリウム ( $\text{NaHSO}_4$ ) 水溶液のpHを求めよ。ただし、硫酸水素イオンの電離定数を $5.6 \times 10^{-8}$ とする。ただし、 $\log_{10} 1.1 = 0$ とする。

《入試問題にチャレンジ》

1. 次の問いに答えよ。ただし、酢酸の電離定数  $K_a$  を  $2.7 \times 10^{-8}$  mol/L とする。

(1) 酢酸水溶液中の水素イオン濃度  $[H^+]$  を、酢酸の電離定数  $K_a$ 、酢酸の濃度  $[CH_3COOH]$ 、酢酸イオンの濃度  $[CH_3COO^-]$  を用いて表せ。

(2) 酢酸水溶液の pH を、 $pK_a$ 、 $[CH_3COOH]$ 、 $[CH_3COO^-]$  を用いて表すと、下記の関係式が得られた。空欄 [ ア ] に当てはまる適切な数式を書け。

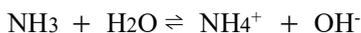
$$pH = pK_a - [ \text{ア} ] \quad (pK_a = -\log_{10} K_a = 4.6)$$

(3) 電離度  $\alpha$  が 1 より十分に小さいとして、0.30 mol/L の酢酸水溶液中の水素イオン濃度  $[H^+]$  を有効数字 2 桁で求めよ。ただし、計算過程も示すこと。

(2017 岩手大)

2. 以下の問題文を読み、[ ] に該当する最も適当な数値を答えなさい。

アンモニアは水に溶けて塩基性を示す。



この電離平衡において電離定数  $K_b$  は  $K_b = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]}$  で表わされ、その値は

$2.00 \times 10^{-5}$  mol/L である。また水のイオン積は  $K_w = [H^+][OH^-] = 1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$  とする。

必要ならば  $\log_{10} 2 = 0.30$ ,  $\log_{10} 3 = 0.48$ ,  $\log_{10} 5 = 0.70$  を使用しなさい。

0.200 mol/L のアンモニア水の pH は [ ] と計算される。

(2012 東京理科大)

## 解答

《例題》 (1)  $K_a = 2.0 \times 10^{-5}$      $[\text{H}^+] = 2.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$      $\text{pH} = 2.7$

(2)  $K_b = 1.0 \times 10^{-5}$      $[\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$      $\text{pH} = 11$

1. (1)  $\alpha = 1.4 \times 10^{-2}$      $[\text{H}^+] = 1.4 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$      $\text{pH} = 2.9$

(2)  $\alpha = 0.04$      $[\text{OH}^-] = 4.0 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$      $\text{pH} = 10.6$

(3)  $\alpha = 2.2 \times 10^{-1}$      $[\text{H}^+] = 2.2 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$      $\text{pH} = 5.7$

2. (1)  $\text{CH}_3\text{COOH} = 1 \text{ mol}$      $\text{CH}_3\text{COO}^- = \text{H}^+ = 5.3 \times 10^{-3} \text{ mol}$     (2)  $\text{pH} = 2.3$

(3)  $K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$     (4)  $2.8 \times 10^{-5}$

(5)  $\alpha = 1.2 \times 10^{-2}$      $[\text{H}^+] = 2.4 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$      $\text{pH} = 2.6$

(6)  $[\text{H}^+] = \sqrt{cK_a}$     (7) 3.2 倍    (8) 0.5 だけ大きくなる

3. 2.4

4.  $K_b = 1.98 \times 10^{-5}$      $\text{pH} = 11.2$

5.  $\alpha = 1.0 \times 10^{-4}$      $[\text{H}^+] = 1.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$

6.  $\alpha = 7.05 \times 10^{-3}$      $[\text{OH}^-] = 1.41 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$

7.  $[\text{HCN}] = 7.0 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$

8. 4.0

〔 I 〕 次の文章を読み、下記の問いに答えよ。ただし、気体はすべて理想気体とし、気体定数は  $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{mol} \cdot \text{K})$ 、原子量は  $N = 14$ 、 $O = 16$  とする。

二酸化窒素は、高温で、一酸化窒素および酸素に解離し、式<1>で表される平衡状態に達する。



ここで二酸化窒素 1 mol から出発し、平衡状態に達した時の一酸化窒素の物質質量  $x$  mol を、反応度  $x$  と定義する。またこの反応が平衡状態にあるとき、次の式<2><3>で表される定数  $K_p$  と定数  $K_c$  を、それぞれ圧平衡定数および濃度平衡定数という。

$$K_p = \frac{(p_{\text{NO}})^2 p_{\text{O}_2}}{(p_{\text{NO}_2})^2} \quad < 2 >$$

$$K_c = \frac{[\text{NO}]^2 [\text{O}_2]}{[\text{NO}_2]^2} \quad < 3 >$$

ただし、 $p_{\text{NO}_2}$ 、 $p_{\text{NO}}$ 、 $p_{\text{O}_2}$  は平衡時の各気体の分圧を、 $[\text{NO}_2]$ 、 $[\text{NO}]$ 、 $[\text{O}_2]$  は平衡時の各気体のモル濃度を示す。以下の実験を順次行った。

【実験1】 あらかじめ真空にしておいた容器の中に、二酸化窒素を  $n$  mol 入れ、温度  $T$  K および容器の体積を 1.0 L に保った。長時間放置したところ平衡状態に達し、圧力は  $P$  Pa となった。この時の一酸化窒素の物質質量は  $nx$  mol となり、二酸化窒素の物質質量は  $\boxed{\text{①}}$  mol に、酸素分子の物質質量は  $\boxed{\text{②}}$  mol となる。また圧平衡定数  $K_p$  は  $\boxed{\text{③}}$  に、濃度平衡定数  $K_c$  は  $\boxed{\text{④}}$  となる。

【実験2】 二酸化窒素を別の容器の中に入れ、温度を 600 K、圧力を  $1.0 \times 10^5$  Pa に保ち、平衡状態に達したときの混合気体の密度を測ると 0.80 g/L となった。

- (1) 平衡状態での二酸化窒素の物質質量①を、反応度  $x$  と  $n$  を用いて示せ。
- (2) 平衡状態での酸素分子の物質質量②を、反応度  $x$  と  $n$  を用いて示せ。
- (3) 圧平衡定数  $K_p$ ③は、反応度  $x$  と圧力  $P$  を用いるとどのように表されるか。計算過程も含め、単位とともに示せ。
- (4) 濃度平衡定数  $K_c$ ④は、気体定数  $R$ 、温度  $T$ 、および圧平衡定数  $K_p$  を用いるとどのように表されるか。計算過程も含め、単位とともに示せ。
- (5) 【実験2】で平衡状態に達した後の、混合気体の平均分子量を求めよ。計算過程も示せ。
- (6) 【実験2】で平衡状態に達した後の、二酸化窒素の反応度  $x$  を求めよ。計算過程も示せ。
- (7) 【実験2】で 600 K に保ったまま混合気体の全圧を大きくすると、平均分子量はどのように変化するか。式<2>を用いて 100 字程度で説明せよ。
- (8) 二酸化窒素のような実在気体は、理想気体の状態方程式に従わない。その理由を 2 つ挙げ説明せよ。

(2016 横浜市大)