

## No1 濃度平衡定数

### 《例題 1》

水素 0.500mol とヨウ素 1.00mol を混ぜ、ある一定温度に保つと全部気体となり、ヨウ化水素 0.94mol が生じて平衡状態に達した。この温度における  $\text{H}_2 + \text{I}_2 \leftrightarrow 2\text{HI}$  の平衡定数はいくらか。有効数字 2 桁で答えよ。

1. 温度を一定に保てる体積 5L の容器を用い、水素とヨウ素を 1.0mol ずつ入れて平衡状態にしたところヨウ化水素が 1.5mol 生じた。この反応の平衡定数を求めよ。

2. 容積 3.2L の密閉容器に窒素 1.0mol と水素 3.0mol を入れ、温度を 700°C にしたところ、反応が平衡に達したときのアンモニアの物質量は 1.2mol であった。700°C におけるこの反応の平衡定数を有効数字 2 桁で求めよ。

3. 容積一定の容器にヨウ化水素 HI を 4.5mol 入れて加熱し、一定温度に保ったところ、平衡状態 ( $2\text{HI} \leftrightarrow \text{H}_2 + \text{I}_2$ ) となり、気体のヨウ素  $\text{I}_2$  0.50mol が生成した。

(1) この温度における平衡定数を求めよ。

(2) 同じ容器に HI を 1.8mol 入れて同じ温度に保ったとき、平衡状態における  $\text{I}_2$  の物質量(mol)を求めよ。

4.  $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \leftrightarrow \text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5 + \text{H}_2\text{O}$  の平衡定数を 4 とする。酢酸 2mol, エタノール 1mol, 水 2mol を混合して放置すると、何 mol の酢酸エチルを生じ、平衡に達するか。

5. 容積が 24L の容器に四酸化二窒素  $\text{N}_2\text{O}_4$  を 0.50mol 入れて加熱し、一定温度に保ったところ、その 60% が解離して二酸化窒素  $\text{NO}_2$  となり、平衡状態 ( $\text{N}_2\text{O}_4 \leftrightarrow 2\text{NO}_2$ ) に達した。

(1) 平衡状態における  $\text{N}_2\text{O}_4$  と  $\text{NO}_2$  の物質量をそれぞれ求めよ。

(2) この温度における平衡定数を求めよ。

6. 水素 2.0mol とヨウ素 2.0mol を密閉温度に入れ、ある温度に保つと、ヨウ化水素が 3.2mol 生じ、式①のような平衡状態に達した。



上記の状態ですぐに水素を 1mol 加えて一定温度で保つと、ヨウ化水素は何 mol 存在するか？

7. 密閉容器に四酸化二窒素を入れて  $20^{\circ}\text{C}$  に放置したところ、一部が二酸化窒素に解離して、 $\text{N}_2\text{O}_4 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$  のような平衡に達した。この平衡混合気体の平均分子量を測定したところ、73.6 であった。この温度における四酸化二窒素の解離度を求めよ。

8.  $\text{SO}_2(\text{気}) + \text{NO}_2(\text{気}) \rightleftharpoons \text{SO}_3(\text{気}) + \text{NO}(\text{気})$  の反応を 10L 容器で行ったところ、平衡状態では  $\text{SO}_2$  8mol,  $\text{NO}_2$  1mol,  $\text{SO}_3$  6mol,  $\text{NO}$  4mol の混合気体であった。この反応の平衡定数はいくらか。また、この状態で、 $\text{NO}_2$  の量をさらに 3mol 追加し、新たな平衡状態になったとき、容器中に存在する  $\text{SO}_3$  は何 mol か。

9. 気体 X と気体 Y と気体 Z を生じる反応は  $\text{X} + 2\text{Y} \rightleftharpoons 2\text{Z}$  であり、気体 X, Y, Z は状態方程式に従うものとする。圧力計が装着された 2.0L の密閉容器を真空にした後、これに室温  $27.0^{\circ}\text{C}$  で 0.2mol の気体 X と、0.28mol の気体 Y を入れて温度による反応の変化を観察した。容器の温度を  $600^{\circ}\text{C}$  にした後、十分な時間を置いて平衡状態を成立させた時、気体 z が 0.20mol 生じていた。この温度での平衡定数 K を有効数字 2 桁で求めよ。

《入試問題にチャレンジ》

1. 次の式で表される気体の反応に関する実験 1～2 の記述を読み、下の問に答えよ。



実験 1 容器に  $n$  mol の  $X_2$  と  $n$  mol の  $Y_2$  を入れたところ、 $XY$  が  $A$  mol 生成して平衡状態に達した。この状態を I とする。

実験 2 状態 I から容器の温度と体積を一定に保ちながら  $B$  mol の  $XY$  を容器に加えたところ、新たな平衡状態に達した。この状態を II とする。

問 状態 II における  $XY$  の物質量を  $A, B, n$  を用いて表せ。ただし、この反応に関する気体はすべて理想気体としてふるまうものとする。

(東京工大)

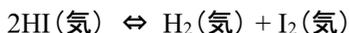
2. 次の文章を読み、問 1～問 2 に答えよ。

問 1 0.255mol の水素  $H_2$  と 0.255mol のヨウ素  $I_2$  を、体積 5.00L の容器に入れて密閉し一定温度に保つと平衡状態 ( $H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI$ ) に達し、ヨウ化水素  $HI$  が 0.360mol 生成した。この状態における平衡定数  $K$  と  $H_2$  および  $I_2$  の濃度 [mol/L] を求めよ。

問 2 問 1 の平衡状態に新たに 0.025mol の  $H_2$  と 0.025mol の  $I_2$  を加えると、同一温度で平衡が移動した。新しく達した平衡状態での  $H_2, I_2$  および  $HI$  の濃度 [mol/L] を求めよ。

(三重大改)

3. ヨウ化水素は水素とヨウ素に解離して、次の化学平衡に達する。



この化学平衡について、次の問いに答えよ。

- (1) 解離度を  $\alpha$  として、平衡定数  $K$  を表す式を書け。
- (2) 10L の容器に  $HI$  1mol を入れ、ある一定温度で平衡に保ったとき、平衡定数は 0.25 であったとする。この時容器内に存在する  $HI, H_2$ 、および  $I_2$  はそれぞれ何 mol か。
- (3) これに  $H_2$  0.20mol を加えて同じ温度でふたたび平衡に保ったとき、容器内に存在する  $HI, H_2$ 、および  $I_2$  はそれぞれ何 mol か。

(関西学院大)

4.  $PCl_5$  は次に示すように解離して平衡に達する。



ある温度、ある体積の平衡混合物中で  $PCl_5$  の 50% が解離していた。同じ温度で体積を 2 倍にすると、解離度は何% になるか。有効数字 2 桁で答えよ。

(東京大)

## No2 圧平衡定数

### 《例題 2》

$\text{N}_2\text{O}_4$  は放置しておく、可逆反応が起こり  $\text{NO}_2$  へと解離する。その反応は、下の化学反応式で示される。



$\text{N}_2\text{O}_4$  をある容器に入れて  $100^\circ\text{C}$  に保っていると  $\text{NO}_2$  へと解離が起こり、平衡状態に達した。平衡状態における圧力（全圧）を  $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、 $100^\circ\text{C}$  における圧平衡定数  $K_p$  を  $2.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  とした時、 $\text{N}_2\text{O}_4$  の解離度  $\alpha$  を求めよ。

1. 容器に  $2.0 \text{ mol}$  の  $\text{N}_2\text{O}_4$  を入れて全圧を  $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  に保ったところ、平衡状態  $\text{N}_2\text{O}_4 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$  に達した。解離度を  $0.60$  とするとき、圧平衡定数  $K_p$  を求めよ。
2. ある物質量の四酸化二窒素  $\text{N}_2\text{O}_4$  を密閉容器に入れて  $70^\circ\text{C}$  に保ったところ、可逆反応  $\text{N}_2\text{O}_4 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$  が起こり、平衡状態に達した。この時、 $\text{N}_2\text{O}_4$  の解離度はいくらか。ただし、平衡状態における圧力を  $1.5 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、 $70^\circ\text{C}$  における圧平衡定数を  $2.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  とする。
3. 容積一定の容器に四酸化二窒素を入れて加熱し、一定温度に保ったところ、その  $60\%$  が解離して二酸化窒素となり、圧力が  $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  のもとで平衡状態に達した。
  - (1) 平衡状態における四酸化二窒素と二酸化窒素の分圧をそれぞれ求めよ。
  - (2) この温度における圧平衡定数を求めよ。
4.  $\text{NO}_2$  は常温、常圧では次のような平衡状態にある。
$$\text{N}_2\text{O}_4 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$$

$20^\circ\text{C}$  で  $\text{NO}_2$  の分圧が  $40 \text{ kPa}$ 、 $\text{N}_2\text{O}_4$  の分圧が  $50 \text{ kPa}$  のとき、圧平衡定数を求めよ。
5. ある容積一定の容器内に、窒素  $\text{N}_2$  と水素  $\text{H}_2$  が  $1 \text{ mol}$ 、 $3 \text{ mol}$  入っている。加熱し、一定の温度になった際に、 $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$  が起こりアンモニアが  $1 \text{ mol}$  生成していた。このときの全圧が  $1.2 \times 10^5 \text{ Pa}$  であった場合、この反応系の圧平衡定数を求めよ。
6. ある容器内にエチレン  $1.5 \text{ mol}$  と水素  $1.5 \text{ mol}$  が含まれている。温度を変化させ、平衡状態となったときにエタンが  $0.5 \text{ mol}$  生成した ( $\text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2 \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_6$ )。全圧を  $1 \times 10^5 \text{ Pa}$  としたときの、この系の圧平衡定数を求めよ。

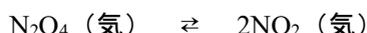
7. 平衡時 ( $\text{H}_2 + \text{I}_2 \leftrightarrow 2\text{HI}$ ) の濃度が  $\text{H}_2$  が  $0.04\text{mol/L}$ 、 $\text{I}_2$  が  $0.04\text{mol/L}$ 、 $\text{HI}$  が  $0.08\text{mol/L}$  の時、ある平衡定数はいくらか。ただし、体積は  $10\text{L}$ 、温度  $300\text{K}$  とする。

8.  $0.90\text{mol}$  の  $\text{N}_2\text{O}_4$  を  $8.0\text{L}$  の容器に入れて  $27^\circ\text{C}$  に保ったところ、 $\text{NO}_2$  が生じて平衡状態になった。このとき、気体の総物質量は  $1.00\text{mol}$  であった。気体定数は  $R$  として表せ。

(1) この反応の平衡定数を求めよ。

(2) この反応の圧平衡定数を求めよ。

9. 四酸化二窒素は二酸化窒素との間に次のような平衡が成り立つ。



ある温度で容積  $V(\text{L})$  の容器に  $x(\text{mol})$  の四酸化二窒素を入れて平衡状態にした。このときの容器内の圧力を  $P(\text{Pa})$ 、四酸化二窒素の解離度を  $\alpha$  とすると、平衡時の二酸化窒素の分圧はいくらになるか。また、この温度での圧平衡定数はいくらか

10.  $1.0\text{mol}$  のエチレン  $\text{C}_2\text{H}_4$  と  $1.0\text{mol}$  の水素の混合気体をある温度に保つと、 $\text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2 \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_6$  の平衡状態になり、全圧が  $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  で、各成分気体のモル分率がすべて  $\frac{1}{3}$  となった。

(1) この反応のこの温度での圧平衡定数を求めよ。

(2)  $2.0\text{mol}$  のエチレンと  $1.0\text{mol}$  の水素の混合気体を同じ温度に保って平衡状態にしたとき、エタンのモル分率が  $\frac{1}{3}$  となる圧力 (全圧) は何  $\text{Pa}$  か。

11. ピストン付きの容器に  $0.92\text{g}$  の四酸化二窒素を入れて容器内の温度を  $67^\circ\text{C}$  に保った。このとき、 $\text{N}_2\text{O}_4 (\text{気}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2 (\text{気})$  の平衡が成立しているものとして、次の(1)~(3)に答えよ。ただし、気体定数  $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$  とする。

(1) 容器の体積を  $1.0\text{L}$  としたところ、混合気体の圧力は  $0.46 \times 10^5 \text{ Pa}$  であった。このときの四酸化二窒素の解離度はいくらか。

(2) この平衡の圧平衡定数はいくらか。

(3) 次に温度を  $67^\circ\text{C}$  に保ったままピストンで混合気体を圧縮して圧力を  $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  にした。このとき四酸化二窒素の解離度はいくらか。ただし、 $\sqrt{3} = 1.73$ 、 $\sqrt{13} = 3.6$  とせよ。

《入試問題にチャレンジ》

1. 反応物と生成物がともに理想気体であり、反応が平衡状態にある場合には、各成分気体の濃度の代わりに、分圧を用いて平衡定数を表すことができる。この平衡定数を圧平衡定数といい、 $K_p$  で表される。



で示される反応の圧平衡定は、ある温度で  $K_p = 2.7 \times 10^{-3} \text{ Pa}^{-1}$  であった。この温度において反応が平衡状態にあるとき、 $\text{SO}_2$  の分圧が  $1.0 \times 10^4 \text{ Pa}$ 、 $\text{O}_2$  の分圧が  $3.0 \times 10^4 \text{ Pa}$  であった。このとき、全圧はいくらか。有効数字 2 桁で求めよ。

(同志社大)

2. ピストンつきシリンダー内に、 $2.0 \times 10^{-3} \text{ mol}$  の四酸化二窒素  $\text{N}_2\text{O}_4$  を入れ、シリンダーの体積を 83mL、温度を  $47^\circ\text{C}$  に保ったところ、その一部が解離して、二酸化窒素  $\text{NO}_2$  を生じ、次のような平衡状態に達した。このときのピストンの圧力は  $8.0 \times 10^4 \text{ Pa}$  であった。



- (1)  $\text{N}_2\text{O}_4$  が解離した割合は何%か。
- (2) この反応の圧平衡定数 (Pa) を求めよ。

(麻布大改)

解答 No1

《例題 1》  $K = 56$

1.  $K = 36$
2.  $K = 21$
3. (1)  $K = 0.02$  (2)  $0.2\text{mol}$
4.  $0.67\text{mol}$
5. (1)  $\text{N}_2\text{O}_4$   $0.2\text{mol}$   $\text{NO}_2$   $0.6\text{mol}$  (2)  $K = 0.075$
6.  $3.64\text{mol}$
7.  $0.25$
8. 平衡定数 3  $\text{SO}_3$   $7.7\text{mol}$
9.  $24$

解答 No2

《例題 2》  $\frac{1}{\sqrt{3}}$

1.  $2.3 \times 10^5(\text{Pa})$
2.  $0.50$
3. (1)  $P_{\text{N}_2\text{O}_4}$   $2.5 \times 10^4 \text{ Pa}$   $P_{\text{NO}_2}$   $7.5 \times 10^4 \text{ Pa}$  (2)  $K_p = 2.3 \times 10^5 \text{ Pa}$
- 4.
- 5.
- 6.
7.  $4$
8. (1)  $\frac{1}{160}$  (2)
9. 分圧  $\frac{2\alpha}{1+\alpha}P$
10. (1)  $3.0 \times 10^{-5}(\text{Pa})$  (2)  $1.8 \times 10^5(\text{Pa})$
11. (1)  $0.63$  (2)  $1.2 \times 10^5 (\text{Pa})$  (3)  $0.48$