

「化学平衡における量的関係」で用いる手順と式



手順

STEP 1 情報の整理

- ① まず、バランスシート(具体例は以下の例題を参照)を書く。
- ② 次に、平衡定数の式を書く。

STEP 2 式への代入

- ① 平衡定数の式に、バランスシートの結果(平衡時の値)を代入する。
- ② 計算の結果を、要求されている解答の形式に整える。



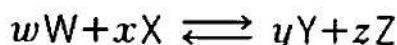
式

以下に示した、平衡定数の式。

「化学平衡における量的関係」で必要な知識

化学平衡の法則と平衡定数

次式の化学平衡(w, x, y, z は物質 W, X, Y, Z の係数である)が成立しているとき、



物質 W, X, Y, Z それぞれのモル濃度 $[W], [X], [Y], [Z]$ の間には、次の関係式(本書では、平衡定数の式と呼ぶ)が成立する。

$$K_c = \frac{[Y]^y [Z]^z}{[W]^w [X]^x}$$

この式で表される関係を化学平衡の法則(質量作用の法則)といい、 K_c を平衡定数(濃度平衡定数)と呼ぶ。平衡定数の値は、一定の温度のもとでは、濃度に関わらず一定に保たれる。

圧平衡定数

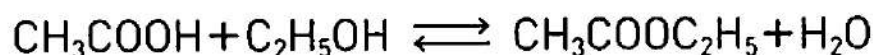
また、物質 W, X, Y, Z がすべて気体であるとき、各分圧 p_W, p_X, p_Y, p_Z の間には、次の関係式(本書では、平衡定数の式と呼ぶ)が成立する。

$$K_p = \frac{p_Y^y \cdot p_Z^z}{p_W^w \cdot p_X^x}$$

この式で表される関係もまた化学平衡の法則(質量作用の法則)であり、 K_p を圧平衡定数と呼ぶ。圧平衡定数の値は、一定の温度のもとでは、圧力に関わらず一定に保たれる。

例題 65 エステル化①

20°Cで酢酸 1 モルとエタノール 1 モルを混ぜると、次式の平衡反応に従って、平衡状態で $\frac{2}{3}$ モルの酢酸エチルが生成する。



問 1 上記の平衡反応の平衡定数 K を整数で求めよ。

問 2 20°Cで酢酸 2 mol とエタノール 1 mol を混ぜると、平衡状態で何 mol の酢酸エチルが生成するか。ただし、 $\sqrt{2}=1.41$ 、 $\sqrt{3}=1.73$ とし、有効数字 2 桁で答えよ。

青山学院大(理工)

例題 66 エステル化②

次の文章を読み、下記の問いに答えよ。

酢酸とエタノール(モル質量: 46 g/mol)をそれぞれ 1.00 mol ずつ用い、有機溶媒中で酸触媒を用いてエステル化を可逆反応となる条件下で行うものとする。ただし、反応温度は常に一定に保たれているものとする。また、この温度での平衡定数は 4.00 であるとする。

問 この温度での反応で、酢酸の残量を 0.100 mol としたい。このためにはあと何 mL のエタノールを反応溶液に加えればよいか。ただし、エタノールの密度は 0.800 g/mL とする。解答は有効数字 3 桁で示せ。

香川大

「気相平衡」で必要な知識



式

「化学平衡における量的関係」で必要な知識に加えて、気相平衡では、一般に、理想気体の状態方程式も成立する。

$$PV=nRT$$

K_c と K_p の関係式

次式の化学平衡 ($w, x, \dots$ は気体物質 $W, X, \dots$ の係数である) が成立しているとき、



濃度平衡定数 K_c と圧平衡定数 K_p の間には、

$$K_c = K_p (RT)^{(w+x+\dots)-(y+z+\dots)}$$

という関係が成立する。

K_c と K_p の関係式の誘導

まず、 $PV=nRT$ より、 $P=\frac{n}{V}RT$ であるから、例えば、

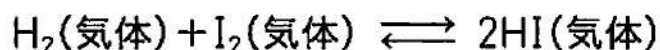
$$p_W = [W]RT \text{ すなわち、} [W] = \frac{p_W}{RT} \text{ であることを理解する。}$$

すると、以下の通りに誘導できる。

$$\begin{aligned} K_c &= \frac{[Y]^y [Z]^z \dots}{[W]^w [X]^x \dots} = \frac{\left(\frac{p_Y}{RT}\right)^y \times \left(\frac{p_Z}{RT}\right)^z \times \dots}{\left(\frac{p_W}{RT}\right)^w \times \left(\frac{p_X}{RT}\right)^x \times \dots} \\ &= \frac{p_Y^y \times p_Z^z \times \dots}{p_W^w \times p_X^x \times \dots} \times \left(\frac{1}{RT}\right)^{(y+z+\dots)-(w+x+\dots)} \\ &= \frac{p_Y^y \times p_Z^z \times \dots}{p_W^w \times p_X^x \times \dots} \times (RT)^{(w+x+\dots)-(y+z+\dots)} \\ &= K_p (RT)^{(w+x+\dots)-(y+z+\dots)} \end{aligned}$$

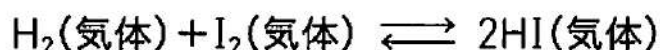
例題 67 ヨウ化水素の生成

問 1 次の反応が、 450°C において平衡状態にある。



このとき、 $[\text{H}_2] = [\text{I}_2] = 0.11(\text{mol/L})$, $[\text{HI}] = 0.77(\text{mol/L})$ であった。この温度における平衡定数 K の値を整数で求めよ。

問 2 1.0 L の容器に H_2 を 2.0 mol , I_2 を 2.0 mol 入れて、ある温度に保って平衡状態に到達させた。生成した HI は何 mol か。ただし、この温度における



の平衡定数を $K = 64$ とし、有効数字 2 桁で答えよ。

島根大

例題 68 四酸化二窒素の解離

次の文章を読み、下記の各問いに答えよ。ただし、気体定数 R は $8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$ とする。

いま、四酸化二窒素 N_2O_4 (分子量: 92) と二酸化窒素 NO_2 (分子量: 46) との混合気体があり、次の平衡状態にある。



最初 $n_1(\text{mol})$ 、体積 $V_1(\text{L})$ の四酸化二窒素から反応が開始し、四酸化二窒素が $n_2(\text{mol})$ 解離して平衡状態に達した。この反応中に温度と圧力は変化しなかったが、体積が $V_2(\text{L})$ になった。

問 1 平衡状態において N_2O_4 が解離している割合 $\left(\frac{n_2}{n_1}\right)$ を解離度 α とし、

平衡状態にある混合気体の全圧を $P(\text{Pa})$ とするとき、圧平衡定数 K_p を、 P および α を用いて示せ。

問 2 27°C , $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ において平衡状態にある混合気体の密度を測定したところ、 3.155 g/L であった。この温度、圧力における N_2O_4 の解離度 α と、この温度における圧平衡定数 K_p を求めよ。ただし、答はそれぞれ有効数字 3 桁まで求めよ。

千葉大