

化学平衡 01 化学平衡とその法則

A. 可逆反応と不可逆反応

プロパンガスを完全燃焼させると、二酸化炭素と水が生じます。

しかし、生じた物質が反応してもとのプロパンに戻ることはありません。

このように、ある方向にのみ進む（逆戻りしない）反応を**不可逆反応**といいます。

一方、水素とヨウ素を高温下で混合すると、ヨウ化水素ができます。

また、ヨウ化水素を高温下で放置すると、分解して水素とヨウ素が生じます。

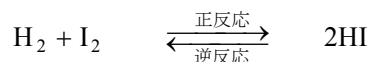
つまり、ある方向の反応とその逆向きの反応が同時に起こるわけです。

このような反応を**可逆反応**といいます。

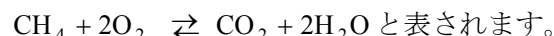
可逆反応のある方向の反応を正の方向の反応、すなわち**正反応**と決めると、

その逆向きの反応は**逆反応**と呼ばれます。

このため可逆反応の反応式は、 \rightarrow と \leftarrow の2つの矢印を用いて表すことになります。



ほとんどの反応は可逆反応で、たとえば、メタンの燃焼も本当は可逆反応で、



しかし、逆反応 $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \leftarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ は正反応 $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ に比べ無視できるほど起こりにくいので、逆反応を問題としない限り、

通常は、 $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ と表します。

B. 化学平衡

可逆反応においては、正反応と逆反応が同時に進行するので、

ある条件で、見かけ上、反応が止まってしまいます。

つまり、反応物の量も生成物の量も変化しなくなります。

このように化学反応の速さがつり合った状態を**化学平衡**の状態といいます。

実際に、反応が停止しているわけではありません。

正反応も逆反応も絶えず進行していますが、両反応の速さが同じになっています。

正反応が進んでいる \Rightarrow 正反応の速さ $>$ 逆反応の速さ

化学平衡の状態 \Rightarrow 正反応の速さ $=$ 逆反応の速さ

逆反応が進んでいる \Rightarrow 正反応の速さ $<$ 逆反応の速さ

補足：定常状態は一定の状態と平衡状態はつり合った状態

$A \rightleftharpoons B \rightleftharpoons C$, $A \rightleftharpoons B \rightarrow C$, $A \rightarrow B \rightarrow C$, $A \rightleftharpoons B$ などにおいて、

B の状態量（質量、物質質量、体積、エネルギー、密度、濃度、圧力、温度など）のどれかに注目したとき、その値が一定に保たれているならば「B はその量について**定常状態**にある」といいます。たとえば、酵素反応 $E + S \rightleftharpoons ES \rightarrow E + P$ （E：酵素，S：基質，ES：酵素基質複合体，P：生成物）において、ES の濃度が一定ならば ES は定常状態にあるといえます。

A \rightleftharpoons B において、A と B のある状態量に注目したとき、それが一定に保たれているならば A と B はその量についてつり合った状態、すなわち**平衡状態**にあるといえます。

C. 化学平衡の法則と平衡定数

可逆反応 $\text{H}_2 + \text{I}_2 \rightleftharpoons 2\text{HI}$ が、ある温度の下で、平衡状態になったとします。

このとき「正反応の速さ＝逆反応の速さ」となっているので、

各物質のモル濃度を $[\text{H}_2]$, $[\text{I}_2]$, $[\text{HI}]$, 正反応の速度定数を k_1 , 逆反応のそれを k_{-1} とすると、

$$k_1[\text{H}_2][\text{I}_2] = k_{-1}[\text{HI}]^2 \text{ または } \frac{k_1}{k_{-1}} = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2][\text{I}_2]} \text{ の関係が成り立ちます。}$$

この関係を**化学平衡の法則**または**質量作用の法則**といい、

$$K_C = \frac{k_1}{k_{-1}} \text{ とおき、 } K_C = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2][\text{I}_2]} \text{ と表したとき、 } K_C \text{ を平衡定数といえます。}$$

平衡定数は、**温度が一定ならば各物質のモル濃度によらず一定の値を示します。**

一般化すると、

可逆反応 $a\text{A} + b\text{B} + c\text{C} + \dots \rightleftharpoons x\text{X} + y\text{Y} + z\text{Z} + \dots$ の平衡定数 K_C は、

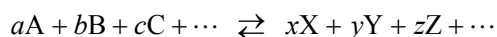
$$\begin{aligned} K_C &= \frac{[\text{X}]^x [\text{Y}]^y [\text{Z}]^z \dots [\text{mol/L}]^{x+y+z+\dots}}{[\text{A}]^a [\text{B}]^b [\text{C}]^c \dots [\text{mol/L}]^{a+b+c+\dots}} \\ &= \frac{[\text{X}]^x [\text{Y}]^y [\text{Z}]^z \dots [\text{mol/L}]^{(x+y+z+\dots)-(a+b+c+\dots)}}{[\text{A}]^a [\text{B}]^b [\text{C}]^c \dots} \end{aligned}$$

となります。

K_C の値は温度が一定ならば変化しません。

圧平衡定数

体積一定の容器中における気体分子の可逆反応



の場合、各気体の分圧はそのモル濃度に比例しますから、

各気体の分圧を p_A, p_B, \dots とし、平衡定数を K_p とすると、

$$K_C = \frac{[\text{X}]^x [\text{Y}]^y [\text{Z}]^z \dots [\text{mol/L}]^{(x+y+z+\dots)-(a+b+c+\dots)}}{[\text{A}]^a [\text{B}]^b [\text{C}]^c \dots} \text{ より、}$$

$$K_p = \frac{[p_X]^x [p_Y]^y [p_Z]^z \dots [\text{Pa}]^{(x+y+z+\dots)-(a+b+c+\dots)}}{[p_A]^a [p_B]^b [p_C]^c \dots} \text{ となります。}$$

この K_p を**圧平衡定数**といえます。

問題

ある一定温度の下，2.00L のフラスコに水素 2.00mol とヨウ素 2.00mol を入れて反応させたところ平衡状態に達し，その平衡定数の値は 36 であった。平衡状態における各物質のモル濃度を求めよ。

解答

H_2 : 0.25mol/L I_2 : 0.25mol/L HI : 1.5mol/L

解説

	H_2	+	I_2	\rightleftharpoons	$2HI$
反応前のモル濃度	1.00		1.00		0
モル濃度変化	$-x$		$-x$		$+2x$
平衡時のモル濃度	$1.00 - x$		$1.00 - x$		$2x$

より,

$$K_C = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]} = \frac{(2x)^2}{(1.00 - x)(1.00 - x)} = \left(\frac{2x}{1.00 - x} \right)^2$$

これと $K_C = 36$, $\frac{2x}{1.00 - x} > 0$ より, $\frac{2x}{1.00 - x} = 6 \quad \therefore x = 0.75$

ゆえに,

$$[H_2] = [I_2] = 1.00 - 0.75 = 0.25 \text{ mol/L}$$

$$[HI] = 2 \times 0.75 = 1.5 \text{ mol/L}$$

ことわり

本編はメルマガ高校化学の部屋 <http://www.geocities.co.jp/HeartLand-Poplar/8632/>
 バックナンバー中の記載「このメルマガは、転載・複写自由です。」に甘え、
 内容を保ったまま、整理・加筆し、転載したものです。

大学理系入試問題・受験問題集を解いてみた <http://www.toitemita.sakura.ne.jp/>