

化学 授業プリント④

< 2章 3節 反応の速さとしくみ >

< 2章 4節 化学平衡 >

○化学反応が起こる速さ

化学反応が起こるのにかかる時間には、反応の種類によって大きな差がある。

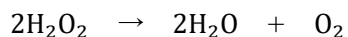
(例) 爆発、沈殿の生成、中和反応などは非常に _____ 起こる。

金属が錆びる反応などは、非常に _____ 起こる。

○反応速度の表し方

$$\text{反応速度} = \frac{\text{反応物(or 生成物)の 変化量}}{\text{反応が起こるのにかかる}}$$

(例) 過酸化水素水に酸化マンガン(IV)を加えると、分解が起こる。



過酸化水素水のモル濃度が 1.0 mol/L から 0.50 mol/L に変わるのに
10 min かかったとすると、反応速度は

$$\text{反応速度} = \text{_____} =$$

と求められる。

過酸化水素水のモル濃度の変化量は、発生する酸素の物質質量から分かる。

(例) 2.0 L の過酸化水素水から酸素 O_2 が 1.0 mol 発生したとき

↓

過酸化水素 H_2O_2 が _____ mol 減少したはずなので、

過酸化水素水のモル濃度は _____ mol/L 減少したと

分かる。

※ 反応速度は、「どの物質についてのものなのか」を明確にする必要がある。

(例) 10 L の容器に入れたヨウ化水素 HI 0.80 mol が、5.0 s 後に 0.60 mol になった。



このとき、

・ HI の反応速度 (分解速度) = _____ =

・ H₂ の反応速度 (生成速度) = _____ =

・ I₂ の反応速度 (生成速度) = _____ =

(練習) 1.0 L の容器に H₂ と I₂ を 0.120 mol ずつ入れたところ、HI が生成する反応が起こり、2.0 h 後に H₂ が 0.090 mol となった。この 2.0 h における平均の反応速度を、I₂ と HI のそれぞれについて求めよ。

(練習) 2.0 L の容器に窒素 N_2 と水素 H_2 を入れて反応させたところ、20 s 後にアンモニア NH_3 が 0.040 mol 生成していた。この 20 s 間の平均の反応速度を N_2 、 H_2 、 NH_3 それぞれについて求めよ。

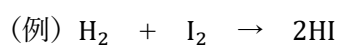
○反応物の濃度による反応速度の変化

反応する物質の濃度が _____ ほど、反応速度は大きくなる。

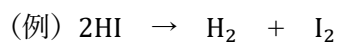
(例) 酸素濃度を大きくすると、ものがよく燃える



反応速度は、次のように表される。



HI の生成速度 = _____



HI の分解速度 = _____

(練習) A と B が反応して C と D が生じる化学反応がある。[A] だけを 2 倍にすると反応速度は 2 倍になり、[B] だけを 2 倍にすると反応速度は 4 倍になった。反応速度定数を k として、この化学反応の反応速度を k 、[A]、[B] を用いて表せ。

○温度による反応速度の変化

反応する物質の温度が _____ ほど、反応速度は大きくなる。

(例) スチールウールを酸素中で加熱すると、よく燃える

(常温でも徐々に酸化するが、加熱して温度を上げることで
一気に酸化 (= 燃焼) する)



温度が高くなると、 _____ の値が大きくなる。

(例) $\text{H}_2 + \text{I}_2 \rightarrow 2\text{HI}$

HI の生成速度 = _____

式の形は変わらない。

(練習) 温度が 10 K 上がると反応速度が 2 倍になる反応がある。温度が 30 K 上がると、
反応速度は何倍になるか。

○触媒による反応速度の変化

触媒 = それ自身は変化 _____ が、他の物質の反応速度を大きくするもの

(例) 過酸化水素水に酸化マンガン(IV)を加えると、急激に分解が進む。

○化学反応の仕組み

化学反応が起こるには、

- ・反応物の粒子どうしが衝突する … ①
- ・衝突した粒子が活性化エネルギー以上のエネルギーを持っている … ②

の2つのことが必要である。

〈 ①について 〉

反応物の濃度が _____ ほど、粒子どうしの衝突回数が増えるので、
反応速度が大きくなる。

反応物に固体が含まれる場合、固体を細かくするほど _____ が大きくな
って他の物質との衝突回数が増えるので、反応速度が大きくなる。

(例：スチールウールは鉄板よりも燃焼しやすい。)

〈 ②について 〉

例えば、430 °Cの状態の水素分子 H_2 とヨウ素分子 I_2 が衝突するとき、
衝突 10 兆回のうち 1 回だけで反応が起こる (ヨウ化水素 HI に変わる)。

… H_2 と I_2 のエネルギーの和 \cong _____

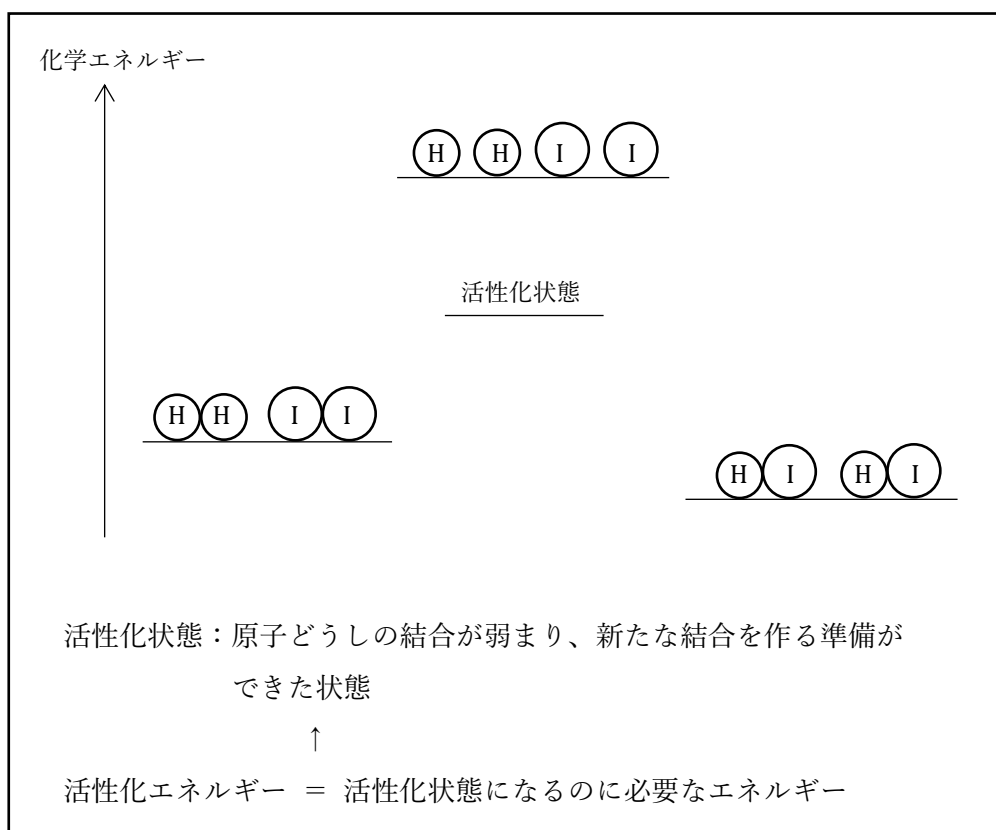
でないと、衝突しても反応しないから。

○活性化エネルギー

$H_2 + I_2 \rightarrow 2HI$ の反応は、実際には



のように起こる。

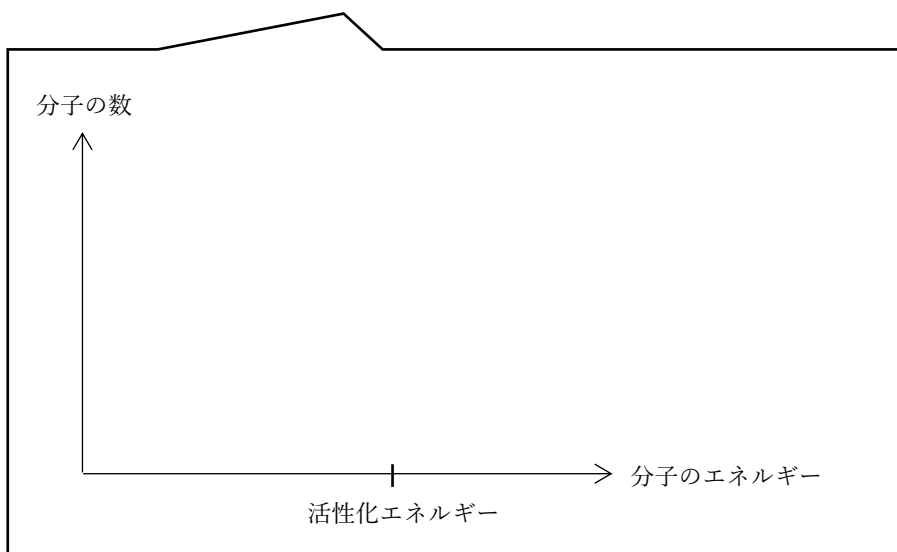


活性化エネルギーが _____ 反応ほど、反応速度が大きい。

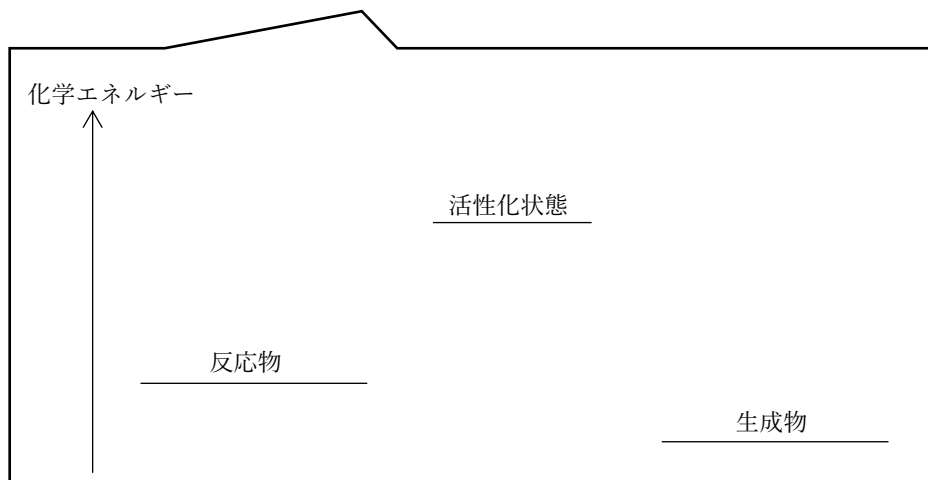
○温度・触媒と活性化エネルギー

反応物の温度が高くなるほど反応速度が大きくなる理由は、次の2つである。

- ・ 温度が高いほど、粒子の _____ が激しくなるので、
粒子どうしの衝突回数が増えるから。
- ・ 活性化エネルギー以上のエネルギーを持つ粒子の割合が増えるから。



触媒を加えることで反応速度が大きくなる理由は、触媒によって
活性化エネルギーがより _____ 経路での反応が起こるようになるから。



○触媒の働き方

(例) 過酸化水素 H_2O_2 の分解反応では、

鉄(III)イオン Fe^{3+} や酸化マンガン(IV) MnO_2 が触媒となる。

・ Fe^{3+} : 過酸化水素に均一に混じって触媒として働く = _____

・ MnO_2 : 均一に混合しない状態で触媒として働く = _____

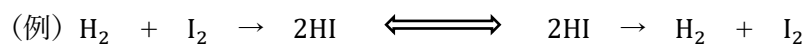
固体触媒の働き方

反応物が固体触媒の表面に吸着され、反応しやすい状態になる

触媒の利用例

自動車の排気管には、排ガスを浄化するための触媒（白金 Pt、パラジウム Pd、ロジウム Rh が主成分）が内蔵されている。

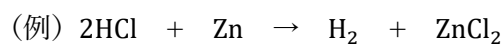
○可逆反応と不可逆反応



互いに逆向きの反応：どちらも起こる = _____

↓

可逆反応であると分かるように、_____ と表す。



この逆向きの反応は起こらない = _____

○化学平衡

(例) 水素 H_2 とヨウ素 I_2 を容器に入れて高温にする

最初 : $\text{H}_2 + \text{I}_2 \rightarrow 2\text{HI}$ (正反応) だけが起こる。

↓

時間が経つと : $2\text{HI} \rightarrow \text{H}_2 + \text{I}_2$ (逆反応) も起こるようになる。

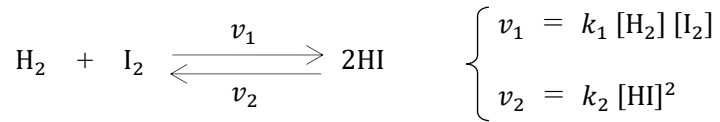
↓

最終的には

正反応の反応速度 v_1 = 逆反応の反応速度 v_2

となる。

_____、反応がストップした状態 = _____

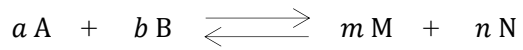


平衡状態では _____ = 一定 となる。

これは _____ によって決まる定数であり、
_____ という。

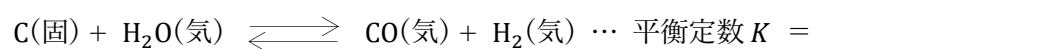


それぞれの可逆反応には平衡定数があり、温度が一定であれば
反応物の濃度が変化しても平衡定数は _____ となる（化学平衡の法則）。



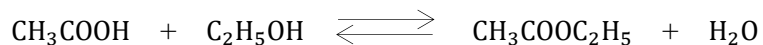
という可逆反応の平衡定数 $K =$ _____

※ 平衡定数の例



固体の量は平衡状態に影響を与えないので、平衡定数に含めない。

(練習) 酢酸 CH_3COOH とエタノール $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ は、次のように反応して酢酸エチル $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$ と水 H_2O を生じる。



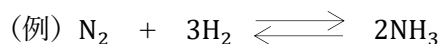
このとき、反応物はすべて気体である。いま、酢酸 CH_3COOH 1.0 mol とエタノール $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 1.0 mol を 100 mL の容器中に混合して反応させると、酢酸エチル $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$ が 0.60 mol 生じたところで平衡に達した。このときの平衡定数を求めよ。

(練習) 窒素 N_2 2.0 mol と水素 H_2 5.0 mol を 10 L の容器中に混合すると、アンモニア NH_3 が 2.0 mol 生じて平衡に達した。このときの平衡定数を求めよ。

(練習) 水素 H_2 1.0 mol とヨウ素 I_2 1.0 mol を密閉容器に入れると、ヨウ化水素 HI が生じて平衡に達した。このときの各物質の物質量をそれぞれ求めよ。ただし、このときの温度におけるこの反応の平衡定数は 36 とする。

○圧平衡定数

平衡定数は各物質の _____ を使って表されるが、気体の場合はモル濃度よりも分圧の方が測りやすいので、気体だけが登場する反応では次のように分圧を使った平衡定数も利用される。



圧平衡定数と区別するため、「濃度平衡定数」とも呼ばれる。

モル濃度を使った平衡定数 = _____

分圧を使った平衡定数 = _____
_____ という。

圧平衡定数 K_p = _____ = _____

濃度平衡定数 K は温度が一定ならば一定なので、
圧平衡定数 K_p も温度が一定ならば一定であると分かる。

(練習) 四酸化二窒素 N_2O_4 を密閉容器に封入すると、一部が二酸化窒素 NO_2 となって平衡状態になる。



いま、四酸化二窒素を圧力が $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ になるように密閉容器に封入すると、その 80 % が二酸化窒素に変化して平衡に達した。この温度における圧平衡定数を求めよ。

(練習) 四酸化二窒素 N_2O_4 を圧力が $2.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ になるように密閉容器に封入すると、一部が二酸化窒素 NO_2 となって平衡に達した。このとき、容器内の圧力 (全圧) は $3.2 \times 10^5 \text{ Pa}$ であった。

- (1) このとき、四酸化二窒素の何 % が二酸化窒素に変化したか。
- (2) この温度における圧平衡定数を求めよ。