



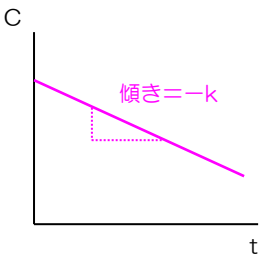
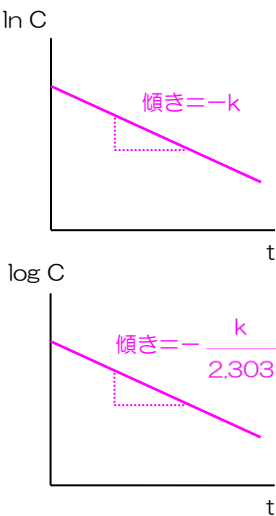
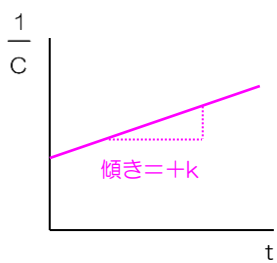
【物理化学】

範囲. 3: ③反応速度

／ すき間時間で成績アップ!!

薬学スタディー

<単反応のまとめ>

	0 次反応	1 次反応	2 次反応
速度式	$-\frac{dC}{dt} = k$	$-\frac{dC}{dt} = k \cdot C$	$-\frac{dC}{dt} = k \cdot C^2$
特徴	反応速度は、反応物の残存濃度 C と無関係で一定の値	反応速度は、反応物の残存濃度 C に比例	反応速度は、反応物の残存濃度 C の 2 乗に比例
時間と濃度の関係式	$C = -kt + C_0$	$\ln C = -kt + \ln C_0$ $\log C = -\frac{kt}{2.303} + \log C_0$	$\frac{1}{C} = kt + \frac{1}{C_0}$
グラフ			
半減期	$t_{1/2} = \frac{C_0}{2k}$	$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k} = \frac{0.693}{k}$	$t_{1/2} = \frac{1}{k \cdot C_0}$
時間と初濃度の関係	比例	無関係	反比例
※反応次数に関わらず、半減期 $t_{1/2}$ と反応速度定数 k は、反比例の関係にある。			
k の次元	反応次数により変化する。k の次元 = (時間) ⁻¹ ・ (濃度) ¹⁻ⁿ		
	(濃度) ・ (時間) ⁻¹	(時間) ⁻¹	(濃度) ⁻¹ ・ (時間) ⁻¹

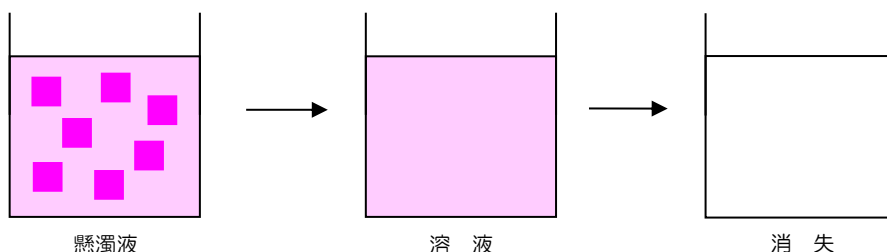
MEMO

6

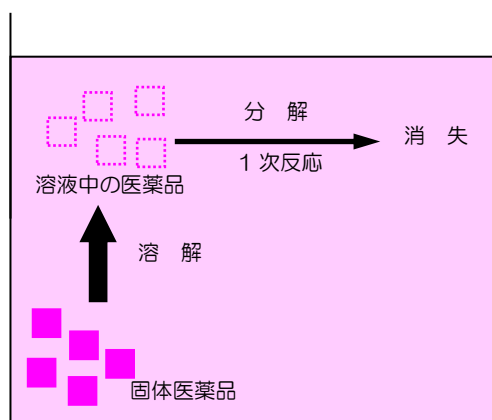
擬 0 次反応（懸濁液における分解反応）

【成立条件】①懸濁液（固体薬物が存在）

②固体薬物の溶解速度 ≫ 溶液中の薬物の分解速度



◇懸濁液中の分解反応を下図に示す。



懸濁剤の分解反応は、固体薬物の溶解とそれが溶解した溶液状態の薬物分解との連続反応で考える。

①懸濁液中に固体が残存しているとき、また②固体医薬品の溶解速度が溶液状態からの分解速度より十分に速いとき、溶液中の濃度は薬物の溶解度と等しい。

このとき、懸濁液の分解反応は、擬 0 次反応（見かけ上 0 次反応）となる。

溶液状態からの分解反応は、通常、1 次反応で分解していくと考えられている。

$$-\frac{dC}{dt} = k \cdot C \quad \cdots 1 \text{ 次反応}$$

溶液中の濃度 C は薬物の溶解度 C_s と等しい ($C=C_s$) とすると、 $k \cdot C_s$ は定数であるため、

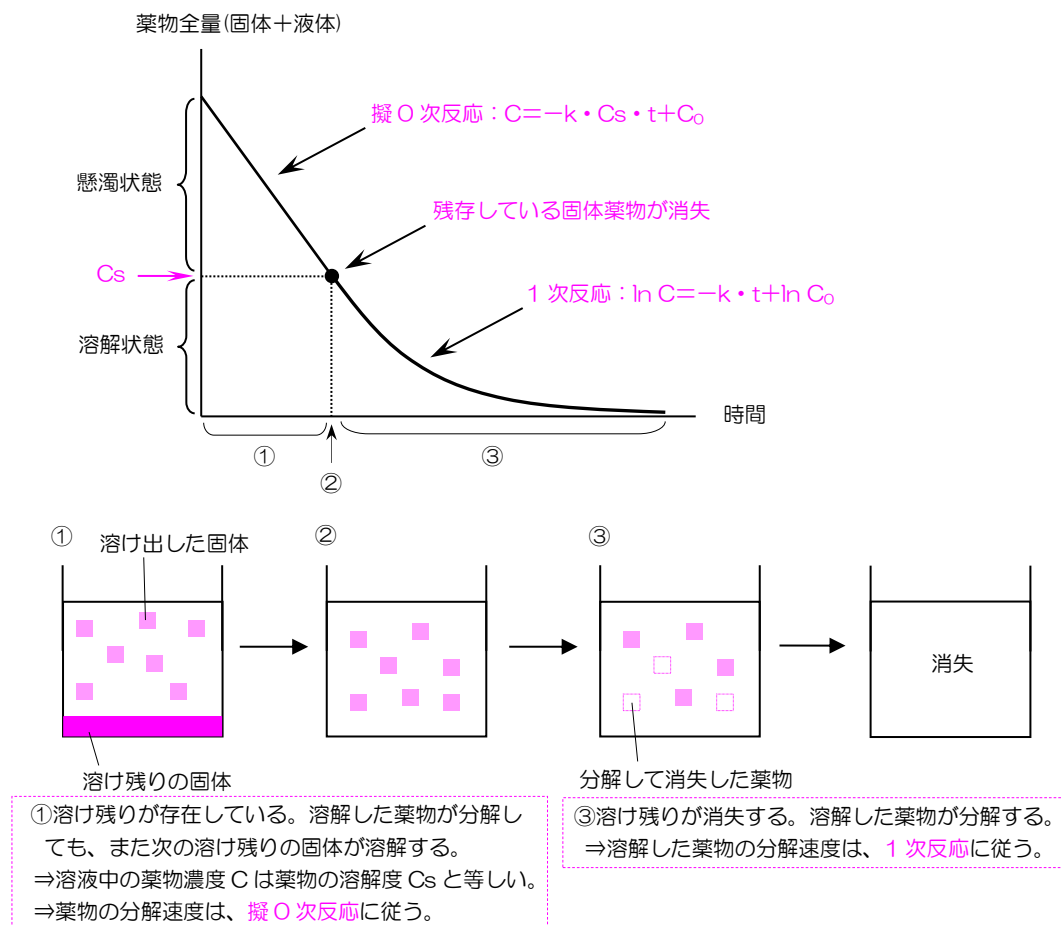
$$-\frac{dC}{dt} = k \cdot C = \underline{k \cdot C_s} = \underline{k'} \quad \cdots \text{擬 0 次反応}$$

MEMO

よって、擬 0 次反応の速度式を積分すると、次式のようになる。

$$\therefore C = -k' t + C_0 = -k \cdot C_s \cdot t + C_0 \quad (k: 1 \text{ 次分解速度定数、} k': 0 \text{ 次分解速度定数})$$

溶解している固体薬物が分解して消失すると、懸濁状態で残存している固体薬物が溶解して飽和濃度(溶解度)を保つ。懸濁状態で残存している固体薬物がすべて溶解し消失すると、擬 0 次反応が保てなくなるため 1 次反応で分解していく。



MEMO

7

擬 1 次反応（見かけの 1 次反応）

（例）pH が一定のときの特異酸塩基触媒反応

H^+ を特異酸、 OH^- を特異塩基といい、 H^+ や OH^- を触媒とする反応を特異酸塩基触媒反応という。

1) 特異酸触媒反応

（分解）反応速度は、触媒である水素イオン濃度 $[H^+]$ と分解する医薬品濃度 C の影響を受ける（触媒濃度に比例）。

$$-\frac{dC}{dt} = k_H \cdot [H^+] \cdot C \quad (k_H: \text{触媒定数、2 次反応の分解速度定数})$$

pH が一定のとき、 $[H^+]$ は一定である。

$$-\frac{dC}{dt} = \underline{k_H \cdot [H^+]} \cdot C = \underline{k} \cdot C \quad (k: \text{(加水) 分解速度定数、1 次分解速度定数})$$

（分解）反応速度が、見かけ上の 1 次分解速度定数 k と医薬品濃度 C の積で表される。

よって、擬 1 次反応（見かけ上 1 次反応）となる。

2) 特異塩基触媒反応

（分解）反応速度は、触媒である水酸化物イオン濃度 $[OH^-]$ と分解する医薬品濃度 C の影響を受ける。

$$-\frac{dC}{dt} = k_{OH} \cdot [OH^-] \cdot C \quad (k_{OH}: \text{触媒定数、2 次反応の分解速度定数})$$

pH が一定のとき、 $[H^+]$ は一定である。水のイオン積 $K_w = [H^+][OH^-]$ より、 $[H^+]$ が一定のとき $[OH^-]$ も一定である。

$$-\frac{dC}{dt} = \underline{k_{OH} \cdot [OH^-]} \cdot C = \underline{k} \cdot C \quad (k: \text{(加水) 分解速度定数、1 次分解速度定数})$$

（分解）反応速度が、見かけ上の 1 次分解速度定数 k と医薬品濃度 C の積で表される。

よって、擬 1 次反応（見かけ上 1 次反応）となる。

MEMO

8 安定性に影響を及ぼす要因

同じ薬物同士、あるいは製剤材料との間で起こる新たな結合の形成や、分子内の結合の開裂といった化学反応により、医薬品の有効性が減弱したり、有害物質が生成したりする現象は古くから知られている。安定性に影響を及ぼす要因としては、温度、pH、イオン強度、誘電率、酸化、光分解、水などがあげられる。

温度、pH、イオン強度、誘電率については、見かけ上簡単な反応速度論が適用できるため、安定性の予測も可能である。

1) 温度の影響

^{アレニウス}Arrhenius式は、反応速度定数 k と絶対温度 T との関係式である。種々の温度で行った実験から活性化エネルギーや頻度因子を求め、室温保存条件下での速度定数を予測する場合に有効である。

$$\text{積分式: } k = A \cdot e^{-\frac{E_a}{RT}} = A \cdot \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right) \quad \longleftrightarrow \quad \text{微分式: } \frac{d \ln k}{dT} = -\frac{E_a}{RT^2}$$



わかる！用語解説

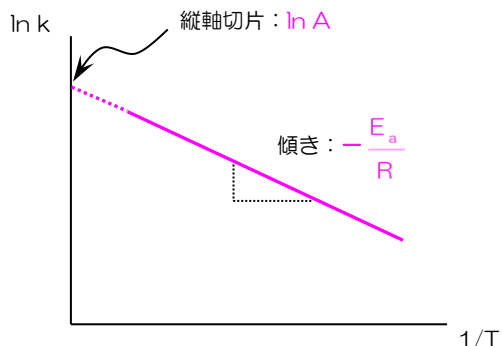
k : 反応速度定数
 E_a : 活性化エネルギー (反応に必要なエネルギー)
 R : 気体定数 ($0.082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} = 8.3 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$)
 T : 絶対温度 (K)
 A : 頻度因子
 (反応物濃度、衝突頻度、立体因子を含む比例定数)

積分式の両辺に対数をとると、以下のようになる。

$$\text{自然対数: } \ln k = -\frac{E_a}{RT} + \ln A \quad \longleftrightarrow \quad \text{常用対数: } \log k = -\frac{E_a}{2.303RT} + \log A$$

MEMO

【Arrhenius plot】



◇Arrhenius式および Arrhenius plot のポイント

①アレニウス式は、**反応次数に関係なく成立**する。

(例) 1 次反応のみ成立する→×

②アレニウス式が成立しないことがある。

(例) 酵素反応、爆発反応 等

③温度の上昇に伴って、反応速度定数が**大きくなる**。

(例) 通常の化学反応では、温度が 10℃上昇すると反応速度は約 2～3 倍に増加する。

④頻度因子 A と反応速度定数 k は、**同じ次元(単位)**である。

⑤高温、短時間での実験値から、ある保存温度下でのその薬品の安定性を予測することができる。

⇒傾きより**活性化エネルギー E_a** が求められ、縦軸切片より**頻度因子 A**が求められる。

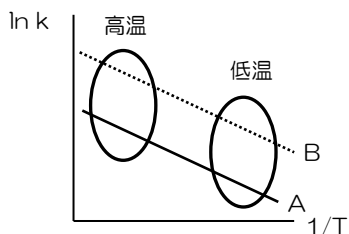
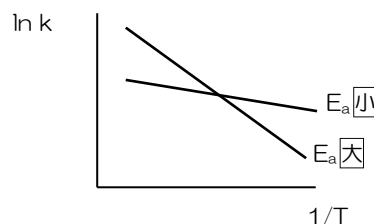
⑥ E_a が小さいほど、k は**大きくなる**ため、分解速度が**大きくなる**。

⑦ E_a が大きくなるほど、温度による影響を受けやすいため、k の温度依存性は**大きくなる**。

(右図の場合、温度依存性は E_a **大**の方が大きい。)

⑧ E_a が同じ値をとる場合、高温でより安定な化合物は低温でも安定である。

(下図の場合、ln k が小さいほど分解しにくいので、安定性は A の方が大きい。)



MEMO

2) pH の影響

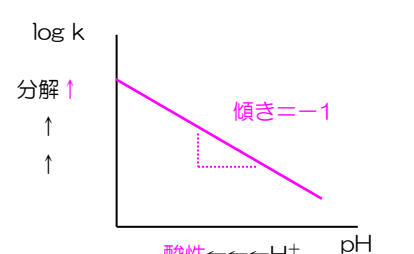
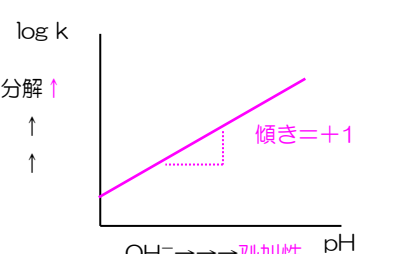
注射剤や点眼剤など溶液製剤中の医薬品の分解において、pH（液性）は重要な因子である。酸性領域で分解されるものもあれば、アルカリ性領域で分解されやすい場合もある。みかけの分解速度定数 k の常用対数と pH との関係をプロットしたグラフを pH プロファイルという。

ある医薬品が水溶液中で加水分解を受け、擬 1 次反応に従って分解していくとすると、水溶液中には、 H^+ 、 OH^- 、 H_2O が存在するため、それぞれ触媒作用を受けたときのそれぞれの触媒定数とそれぞれの濃度を k_H 、 k_{OH} 、 k_{H_2O} 及び $[H^+]$ 、 $[OH^-]$ 、 $[H_2O]$ とすると、ある医薬品の分解速度は、

$$-\frac{dC}{dt} = k \cdot C \quad (\text{ただし、} k = k_H \cdot [H^+] + k_{OH} \cdot [OH^-] + k_{H_2O} \cdot [H_2O] \text{ とする。})$$

水溶液中では大部分が水であるため、通常の反応では $[H_2O]$ は一定とみなせるので、 $k_{H_2O} \cdot [H_2O]$ を k_0 とおくと、 $\therefore k = k_H \cdot [H^+] + k_{OH} \cdot [OH^-] + k_0$

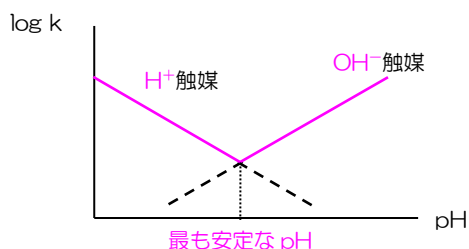
k_0 : 見かけ上 1 次の反応速度定数で pH には依存しない。

特殊酸触媒反応	特殊塩基触媒反応
$-\frac{dC}{dt} = k_H \cdot [H^+] \cdot C = k \cdot C \text{ より、pH が酸性領域 } ([H^+] \gg [OH^-]) \text{ のとき、次式のように近似できる。}$ $k = k_H \cdot [H^+]$ <p>両辺に常用対数をとると、 $\log k = \log(k_H \cdot [H^+]) = \log k_H + \log [H^+]$ $\therefore \log k = -\text{pH} + \log k_H$ (k_H : 触媒定数、2 次反応の分解速度定数)</p> 	$-\frac{dC}{dt} = k_{OH} \cdot [OH^-] \cdot C = k \cdot C \text{ より、pH がアルカリ性領域 } ([H^+] \ll [OH^-]) \text{ のとき、水のイオン積 } K_w = [H^+][OH^-] \text{ を使うと、次式のように近似できる。}$ $k = k_{OH} \cdot [OH^-] = k_{OH} \cdot K_w / [H^+]$ <p>両辺に常用対数をとると、 $\log k = \log(k_{OH} \cdot [OH^-]) = \log(k_{OH} \cdot K_w / [H^+])$ $= \log k_{OH} + \log K_w - \log [H^+]$ $\therefore \log k = \text{pH} - \text{p}K_w + \log k_{OH}$ (k_{OH} : 触媒定数、2 次反応の分解速度定数)</p> 

MEMO

(1) 特殊酸と特殊塩基の触媒作用を受ける場合

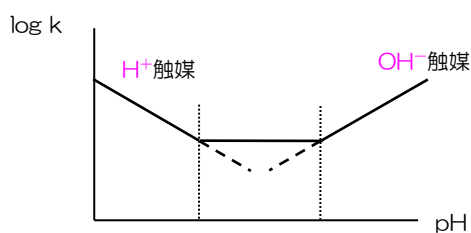
$$k = k_H \cdot [H^+] + k_{OH} \cdot [OH^-]$$



- $\log k$ が最小値を示すとき、最も安定である。
※最も安定となる pH を求める際に用いる式
 $k_H \cdot [H^+] = k_{OH} \cdot [OH^-]$
- 酸性領域では、 $\log k = -pH + \log k_H$
- アルカリ性では、 $\log k = pH - pK_w + \log k_{OH}$

(2) 特殊酸、特殊塩基の触媒作用を受けるが、中性付近では触媒作用を受けない場合

$$k = k_H \cdot [H^+] + k_{OH} \cdot [OH^-] + k_0$$



- 中性付近ではほとんど触媒作用を受けない。
(k_0 : 触媒作用を最も受けにくいときの速度定数)

MEMO

問題

問1 CHECK! □□□

Arrhenius 式は、反応速度定数と何の関係を表したのか。1 つ選べ。

1. pH
2. イオン強度
3. 誘電率
4. 温度
5. 時間

解答

解答：4

Arrhenius 式は、反応速度定数 k と絶対温度 T との関係式である。種々の温度で行った実験から活性化エネルギー E_a や頻度因子 A を求め、室温保存条件下での速度定数を予測する場合に有効である。

$$k = A \cdot e^{-(E_a/RT)} = A \cdot \exp(-E_a/RT)$$

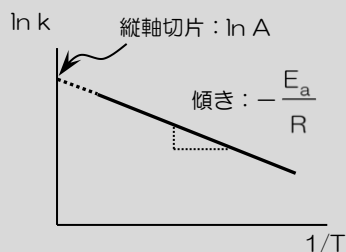
問2 CHECK! □□□

Arrhenius プロットの傾きから求められるのはどれか。1 つ選べ。

1. 平衡定数
2. 活性化エネルギー
3. 酸解離定数
4. 頻度因子
5. 標準エントロピー変化

解答：2

Arrhenius プロットの傾きより活性化エネルギー E_a が求められ、縦軸切片より頻度因子 A が求められる。



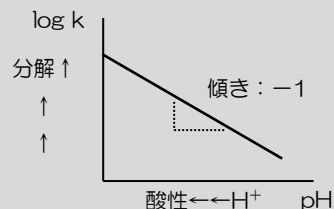
問3 CHECK! □□□

H^+ により分解される反応の反応速度定数 k の常用対数値を縦軸に、pH を横軸に目盛ったときのグラフの傾きはどれか。1 つ選べ。

1. -2
2. -1
3. 0
4. +1
5. +2

解答：2

H^+ に分解される反応の反応速度定数 k の常用対数を縦軸に pH を横軸に目盛ったときのグラフの傾きは「-1」である(特殊酸触媒反応)。



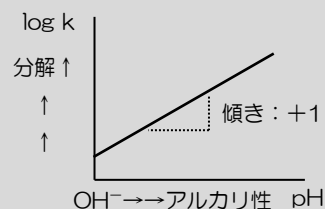
問4 CHECK! □□□

OH^- により分解される反応の反応速度定数 k の常用対数値を縦軸に、pH を横軸に目盛ったときのグラフの傾きはどれか。1 つ選べ。

1. -2
2. -1
3. 0
4. +1
5. +2

解答：4

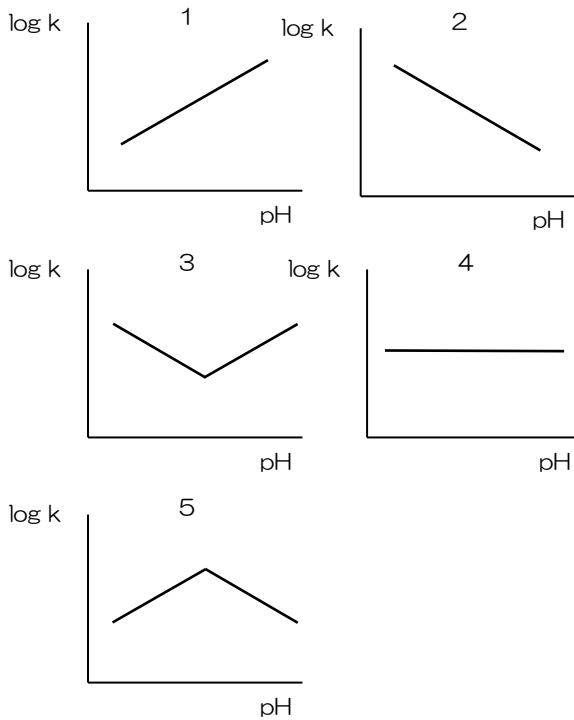
OH^- に分解される反応の反応速度定数 k の常用対数を縦軸に pH を横軸に目盛ったときのグラフの傾きは「+1」である(特殊塩基触媒反応)。



問題

問5 CHECK! □□□

特殊酸と特殊塩基の両方に触媒作用を受ける薬物の pH プロファイルプロットはどれか。1 つ選べ。
ただし、 k を反応速度定数とする。



解答

解答：3

特殊酸 (H^+) と特殊塩基 (OH^-) の両方に触媒作用を受ける薬物の pH プロファイルプロットは選択肢 3 のようになる。 H^+ により触媒反応を受ける領域の傾きは「 -1 」、 OH^- により触媒反応を受ける領域の傾きは「 $+1$ 」となる。

【問 1】

CHECK!□□□

ある薬物 A の水に対する溶解度は 5 w/v%であり、1 次反応速度式に従って分解し、その分解速度定数は 0.02 h^{-1} である。この薬物 1.5 g を水 10 mL に懸濁させたとき、残存率が 90 %になる時間 (h) に最も近い値はどれか。1 つ選べ。ただし、溶解速度は分解速度に比べて十分に速いものとする。

1 2.5 2 7.5 3 13.5 4 15 5 75

解答
過去出題

4
99 回 問 93

解説

「懸濁液」であること、「溶解速度は分解速度に比べて十分速い」ことから、液中に固体粒子が残存している間は 0 次反応と考えられる。もともと分解は 1 次過程だが、固体粒子が残存している間は溶液濃度が飽和濃度（溶解度）に保たれるため、見かけ上 0 次反応（擬 0 次反応）となる。

溶解度を C_s 、1 次速度定数を k とおくと時間 t と薬物濃度 C は以下の 0 次式（積分形）で表せる。

$$C = -k \cdot C_s \cdot t + C_0 \cdots \text{①}$$

ただし、懸濁液中の薬物初濃度を C_0 とする。

初濃度は $1.5 \text{ g} / 10 \text{ mL} = 15 \text{ g} / 100 \text{ mL} = 15 \text{ w/v\%}$ であり、残存率が 90 %になるときの濃度は $15 \text{ w/v\%} \times 0.9 = 13.5 \text{ w/v\%}$ となる。溶解度 5 w/v%より高いため、液中に固体粒子が残った状態である。（右グラフ参照）

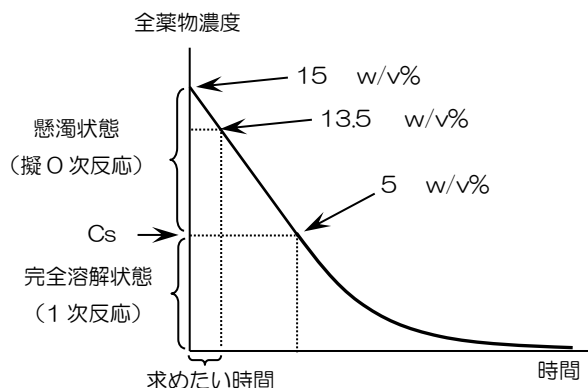
従って、0 次過程（擬 0 次反応）を考えればよ

いから、残存率が 90 %になるときの時間を①式より求めると、
 $0.9 \times 15 \text{ (w/v\%)} = -0.02 \text{ (h}^{-1}) \times 5 \text{ (w/v\%)} \times t + 15 \text{ (w/v\%)}$

$$0.1 t = 15 - 13.5 = 1.5$$

$$t = 15 \text{ (h)} \text{ となる。}$$

よって、選択肢 4 の 15 h となる。



【問 2】

CHECK!□□□

ある薬物 1.25 g を水 0.10 L に懸濁し、一定温度下で全薬物濃度 C を測定したところ、図 1 に示すように実験開始 5 時間後までは直線的に減少した。 C の値を時間に対して片対数プロットしたところ、図 2 に示すように 5 時間以降は直線となった。懸濁粒子の粒子径を変えて実験しても同じ実験結果が得られた。この実験に関する記述のうち、正しいのはどれか。2 つ選べ。ただし、 $\ln 2 = 0.69$ とする。

図 1

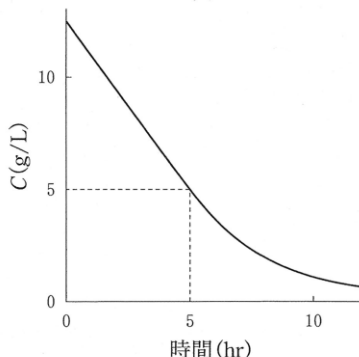
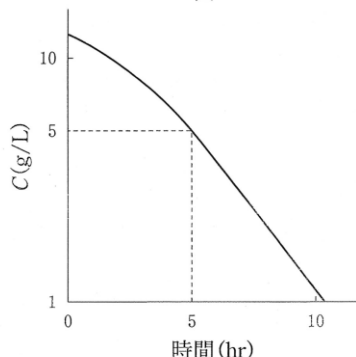


図 2



- 1 実験開始 5 時間までは分解速度が溶解速度に比べて速い。
- 2 実験開始 5 時間以降の分解は 1 次速度過程に従い、その 1 次速度定数は 0.05 hr^{-1} である。
- 3 この薬物の水に対する溶解度は 5.0 g/L である。
- 4 C が 1.25 g/L になるのは、実験開始 9.6 時間後である。

解答
過去出題

3・4

93 回 問 166

解説

- 1 ×：溶液中に溶け残りが存在し、溶解速度が分解速度に比べて速いとき、図 1 及び図 2 のように変化する。溶液中から溶け残りが消失すると、図 1 のグラフは右下がりの直線(擬 0 次反応)から曲線(1 次反応)へと変化する。
- 2 ×：図 1 より、5 時間まで固体が残存しているため、擬 0 次反応で分解していると考えられる。

$$-\frac{dC}{dt} = k \times C = k \times C_s = k' \text{ より、} C = -k' \times t + C_0 = -k \times C_s \times t + C_0 \quad \begin{array}{l} k' : 0 \text{ 次速度定数} \\ k : 1 \text{ 次速度定数} \end{array}$$

$$\Rightarrow 5(\text{g/L}) = -k \times 5(\text{g/L}) \times 5(\text{hr}) + 12.5(\text{g/L}) \quad \therefore k = 0.30(\text{hr}^{-1})$$

- 3 ○：溶液中から溶け残りが消失すると、図 1 のグラフは右下がりの直線(擬 0 次反応)から曲線(1 次反応)へ変化する。つまり、薬物濃度 5.0 g/L を境目にして、溶液中から固体(溶け残り)が消失していることが考えられる。よって、この飽和濃度 5.0 g/L は溶解度を表している。
- 4 ○：実験開始 5 時間以降の分解は 1 次速度過程に従うため、 5.0 g/L から 1.25 g/L になるのに要する時間は、 $\ln C = -k \times t + \ln C_0$ より、 $\ln 1.25 = -0.30t + \ln 5.0$ となる。

$$\therefore t \div 4.6(\text{hr})$$

したがって、 C が 1.25 g/L になるのは、実験開始 5 時間を含めて、 $5 + 4.6 = 9.6$ 時間後となる。

【問 3】

CHECK!□□□

水溶液中の分解 1 次速度定数が次式で表される薬物がある。

$$k = k_H [H^+] + k_{OH} [OH^-]$$

ここで、 k_H は水素イオンによる触媒定数、 k_{OH} は水酸化物イオンによる触媒定数である。 $k_H = 1.0 \times 10^2 \text{ L/mol} \cdot \text{hr}$ 、 $k_{OH} = 1.0 \times 10^4 \text{ L/mol} \cdot \text{hr}$ 及び水のイオン積 $k_W = 1.0 \times 10^{-14}$ とすれば、この薬物を最も安定に保存できる pH はどれか。1 つ選べ。

1 9.0 2 8.0 3 7.0 4 6.0 5 5.0

解答

過去出題

解説

4

91 回 問22

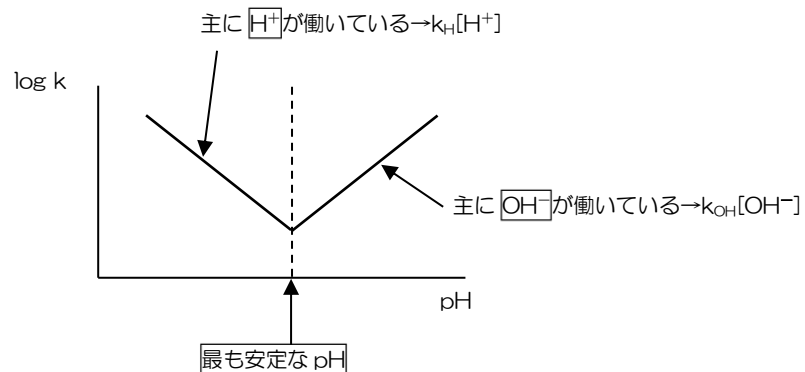
$[OH^-]$ は水のイオン積 (k_W) を絡めると、 $[OH^-] = 10^{-14} / [H^+]$ とおける。

$$k = 1.0 \times 10^2 \times [H^+] + 1.0 \times 10^4 \times (10^{-14} / [H^+]) = 10^2 \times [H^+] + (10^{-10} / [H^+])$$

$10^2 \times [H^+] = 10^{-10} / [H^+]$ のとき (下図参照) が最小値を示すので、

$$[H^+]^2 = 10^{-12} \text{ から、} [H^+] = 10^{-6} \text{ となる。}$$

よって、 $\text{pH} = -\log[H^+]$ より、最も安定な pH は 6 となる。



【問 4】

CHECK!□□□

薬物 A は水素イオンと水酸化物イオンのみの触媒作用を受けて加水分解され、そのときの 1 次加水分解速度定数 k は次式で表される。

$$k = k_H [H^+] + k_{OH} [OH^-]$$

ここで、 k_H は水素イオンによる触媒反応の速度定数、 k_{OH} は水酸化物イオンによる触媒反応の速度定数である。この薬物の pH1.0 と pH11.0 における k はそれぞれ $0.0010h^{-1}$ と $0.10 h^{-1}$ であった。この薬物の加水分解速度が最小となる pH に最も近い値はどれか。1 つ選べ。ただし、水のイオン積 $k_W = 1.0 \times 10^{-14}$ とし、pH 以外の条件は変化しないものとする。

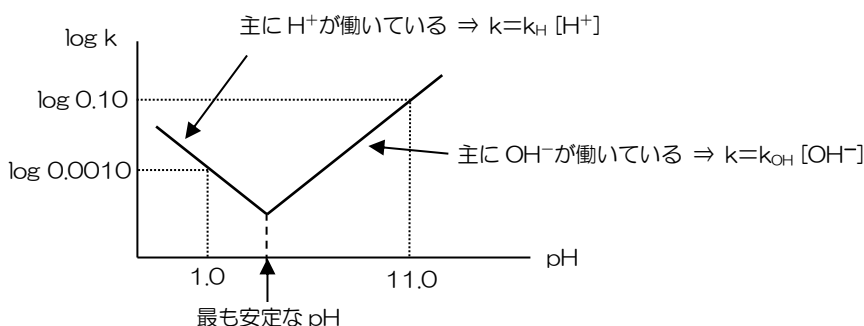
1 4.0 2 5.0 3 6.0 4 7.0 5 8.0

解答
過去出題

2

95 回 問 167

この問題は特殊酸塩基触媒反応に関するものであり、 $k = k_H [H^+] + k_{OH} [OH^-]$ より、 $k_H [H^+]$ には特殊酸触媒が、 $k_{OH} [OH^-]$ には特殊塩基触媒が作用している。また、問題文より下図のように表される。



pH 1.0 のような酸性領域において、薬物 A は主に水素イオンの触媒作用を受けて加水分解が進行するため、1 次分解速度定数 k は $k = k_H [H^+]$ となる。

pH 1.0 での k の値が $0.0010 h^{-1}$ であることより、
 $0.0010 = k_H \times 10^{-1} \Rightarrow k_H = 10^{-2} \quad \dots \textcircled{1}$

また、pH 11.0 のようなアルカリ性領域において、薬物 A は主に水酸化物イオンの触媒を受けて加水分解が進行するため、1 次分解速度定数 k は $k = k_{OH} [OH^-]$ となる。

pH 11.0 での k の値が $0.10 h^{-1}$ であることより、

$$0.10 = k_{OH} [OH^-] = k_{OH} \times \frac{k_W}{[H^+]} = k_{OH} \times \frac{10^{-14}}{10^{-11}} \Rightarrow k_{OH} = 10^2 \quad \dots \textcircled{2}$$

加水分解速度定数が最小となる pH は、 $k_H [H^+] = k_{OH} [OH^-]$ のときである。

$$\textcircled{1}\textcircled{2} \text{より、} 10^{-2} \times [H^+] = 10^2 \times \frac{10^{-14}}{[H^+]} \Rightarrow [H^+]^2 = 10^{-10}$$

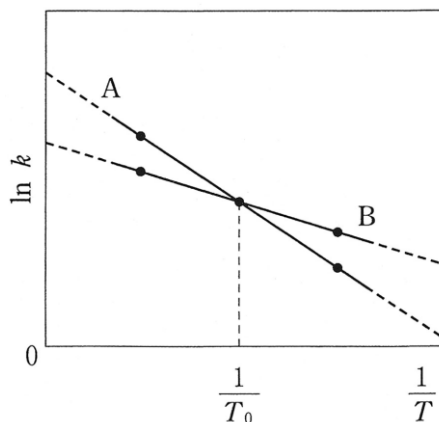
$$\therefore [H^+] = 10^{-5}$$

よって、求める pH は、 $pH = -\log [H^+] = -\log 10^{-5} = 5.0$ となる。

【問 5】

CHECK!□□□

図は 2 種類の薬物 A 及び B の分解反応について種々の温度 T で速度定数 k を測定し、横軸 $1/T$ に対して縦軸に $\ln k$ の値をプロットしたものである。次の記述のうち、誤っているのはどれか。2 つ選べ。



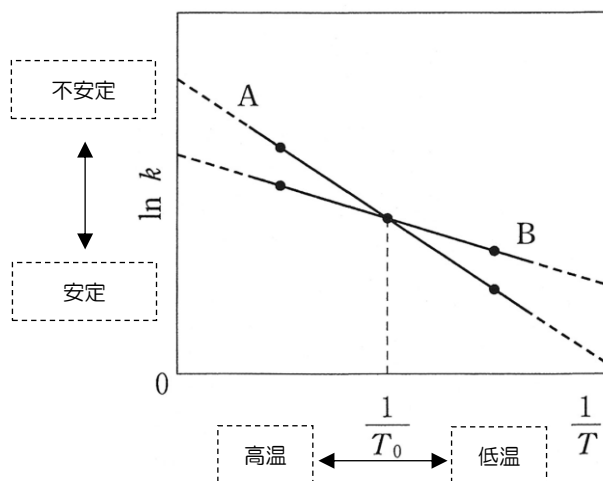
- 1 このプロットはアレニウスプロットとよばれる。
- 2 グラフは y (縦軸)切片から頻度因子が求まる。
- 3 温度が上昇すると、A 及び B の分解反応の速度定数は減少する。
- 4 温度 T_0 より高温では A の方が B よりも安定である。
- 5 A の分解反応の活性化エネルギーは B より大きい。

解答
過去出題

3・4
93 回 問22

解説

- 1 ○：アレニウス式は、速度定数 k と温度 T との関係式である。
- 2 ○：グラフの縦軸切片から頻度因子が求められ、速度定数 k と同じ単位である。
- 3 ×：グラフより温度 T とともに、速度定数 k は増加する。
- 4 ×： T_0 より高温では、速度定数 k は A の方が B よりも大きい。よって、A の方が B よりも不安定である。
- 5 ○：アレニウスプロットの傾きから活性化エネルギー E_a が求められる。A の方が B よりもグラフの傾きが大きいため、活性化エネルギーは A の方が B より大きい。



Medisere

Yakugaku Study

薬学スタディー

詳細・追加申込はこちら▶



<http://lib.medisere.co.jp/>

