

「酢酸と酢酸の塩の水溶液」で必要な知識

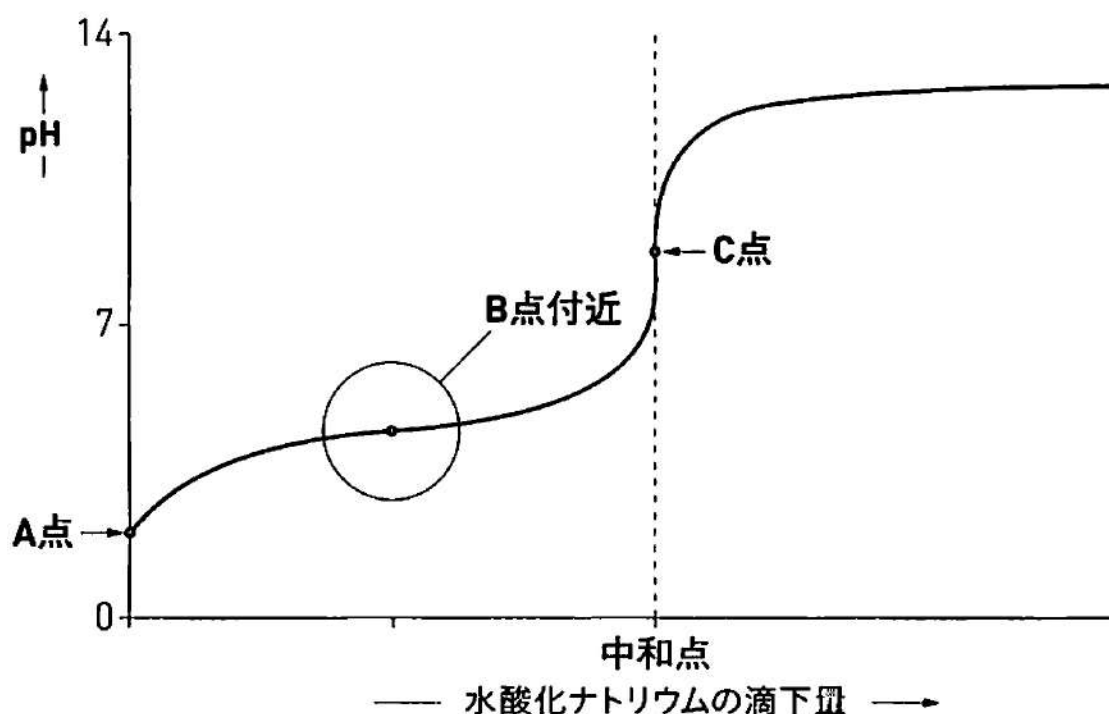
— [B点付近：酢酸－酢酸ナトリウム混合水溶液] —

酢酸の濃度を C_a (mol/L) とし、酢酸ナトリウムの濃度を C_s (mol/L) とすると、この混合水溶液の水素イオン濃度は次のように表される。

$$[H^+] = \frac{C_a}{C_s} K_a$$

ただし、 K_a は酢酸の電離定数である。

—— 例題70を参照 ——



— [A点：酢酸水溶液] —

濃度を C (mol/L) とすると、この酢酸水溶液の水素イオン濃度は次のように表される。

$$[H^+] = \sqrt{CK_a}$$

ただし、 K_a は酢酸の電離定数である。

ちなみに、酢酸の電離度は、次のように表される。

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_a}{C}}$$

—— 例題69を参照 ——

— [C点：酢酸ナトリウム水溶液] —

濃度を x (mol/L) とすると、この酢酸ナトリウム水溶液の水素イオン濃度は次のように表される。

$$[H^+] = \sqrt{\frac{K_a \cdot K_w}{x}}$$

ただし、 K_a は酢酸の電離定数、 K_w は水のイオン積である。

—— 例題71を参照 ——

例題 7/1 酢酸水溶液の $[H^+]$ (式の誘導)

ある温度において、 $C(\text{mol/L})$ の酢酸水溶液がある。同温度における酢酸の電離定数を K_a とおく。このとき、同酢酸水溶液の水素イオン濃度 $[H^+]$ を、 C と K_a とを用いて表せ。ただし、電離度は 1 に比べて極めて小さいとする。

例題 7/2 酢酸-酢酸ナトリウム混合水溶液の $[H^+]$ (式の誘導)

ある温度において、酢酸と酢酸ナトリウムとの混合水溶液がある。酢酸の濃度は $C_a(\text{mol/L})$ 、酢酸ナトリウムの濃度は $C_s(\text{mol/L})$ であり、両濃度はあまり大きくは離れていない。また、同温度における酢酸の電離定数を K_a とおく。このとき、同混合水溶液の水素イオン濃度 $[H^+]$ を、 C_a および C_s と K_a とを用いて表せ。

例題 7/3 酢酸ナトリウム水溶液の $[H^+]$ (式の誘導)

ある温度において、 $x(\text{mol/L})$ の酢酸ナトリウム水溶液がある。同温度における酢酸の電離定数を K_a 、水のイオン積を K_w とおく。このとき、同酢酸ナトリウム水溶液の水素イオン濃度 $[H^+]$ を、 x と K_a 、 K_w を用いて表せ。

例題 7/4 電離度が小さい 1 価の弱酸

25°Cで0.100 mol/Lの酢酸水溶液の電離定数は $2.80 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ である。このとき、酢酸の水素イオン濃度 $[H^+]$ と電離度 α を求めよ。ただし、ここでは、電離度 α は1に比べて極めて小さいとする。数値は四捨五入して有効数字2桁で答えよ。必要であれば、 $\sqrt{2.8}=1.67$ 、 $\sqrt{28}=5.29$ を用いよ。

防衛大/改

例題 7/弱 電離度が大きく近似できない 1 価の弱酸

酢酸のように電離してプロトンを 1 分子あたり 1 個放出することのできる酸を一塩基酸という。ある一塩基酸(以下 AH と記す)の 0.0100 mol/L 水溶液中での電離度は、25°C において 30% に近い値であるとして、次の問いに答えよ。

問 この水溶液中の水素イオン濃度はいくらか。有効数字 2 桁で解答せよ。ただし、この一塩基酸の電離平衡 $\text{AH} \rightleftharpoons \text{A}^- + \text{H}^+$ の電離定数 K_a の値は、25°C において 1.36×10^{-3} mol/L であるとする。

また、 $\sqrt{56.2} = 7.49$ とせよ。

慶大(医)/改

例題 7/弱 かんしゅう 緩衝液(緩衝作用)

次の文章を読み、下記の各問いに答えよ。

0.40 mol/L の酢酸水溶液 50.0 mL に 0.20 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液を滴下して pH の変化を調べた。なお、必要であれば次の数値を用い、計算値は小数点以下第 1 位まで求めよ。

酢酸の電離定数 $K_a = 2.8 \times 10^{-5}$ (mol/L)

$\log_{10} 1.9 = 0.28$, $\log_{10} 2.0 = 0.30$, $\log_{10} 2.8 = 0.45$, $\log_{10} 3.0 = 0.48$

(実験 a) まず、50.0 mL を滴下したところで pH を測定した。

(実験 b) さらに、10.0 mL を滴下したところで pH の変化を調べた。

問 1 実験 a の水溶液の pH を計算せよ。

問 2 実験 b の水溶液の pH に該当するものを次の(ア)～(ウ)の中から選び、記号で答えよ。

(ア) 実験 a の水溶液の pH に比べ、わずかしか減少しない。

(イ) 実験 a の水溶液の pH に比べ、わずかしか増加しない。

(ウ) pH = 7 付近になる。

島根大

アンモニアとその塩の水溶液

「アンモニアとその塩の水溶液」で必要な知識

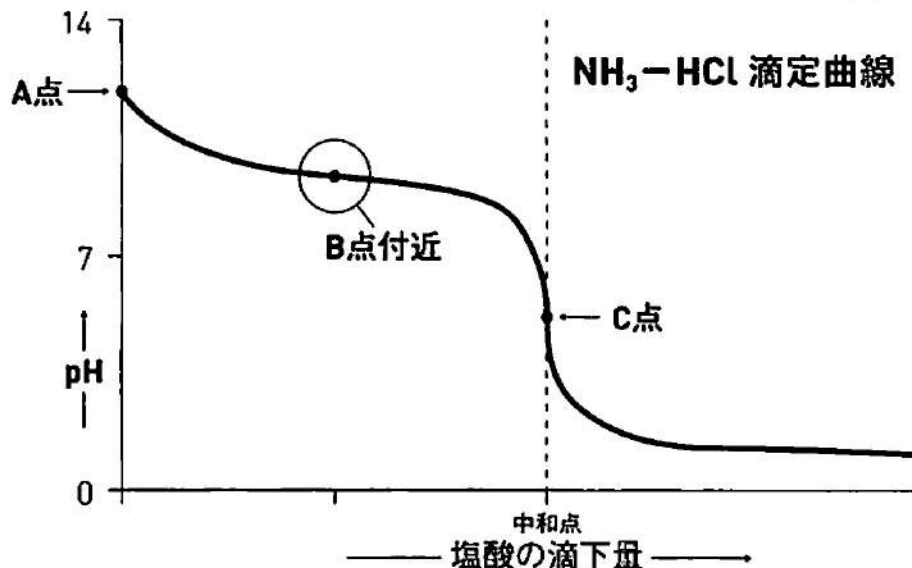
〔B点付近：アンモニア－塩化アンモニウム混合水溶液〕

アンモニアの濃度を C_b (mol/L) とし、塩化アンモニウムの濃度を C_s (mol/L) とすると、この混合水溶液の水酸化物イオン濃度および pH は次のように表される。

$$[\text{OH}^-] = \frac{C_b}{C_s} K_b, \quad \text{pH} = 14 + \log_{10} \left(\frac{C_b}{C_s} K_b \right)$$

ただし、 K_b はアンモニアの電離定数である。

例題76参照



〔A点：アンモニア水〕

濃度を C (mol/L) とすると、このアンモニア水の水酸化物イオン濃度および pH は次のように表される。

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{CK_b}$$

$$\text{pH} = 14 + \log_{10} \sqrt{CK_b}$$

ただし、 K_b はアンモニアの電離定数である。

例題75参照

〔C点：塩化アンモニウム水溶液〕

濃度を x (mol/L) とすると、この塩化アンモニウム水溶液の水酸化物イオン濃度および pH は次のように表される。

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{\frac{K_b \cdot K_w}{x}}$$

$$\text{pH} = 14 + \log_{10} \sqrt{\frac{K_b \cdot K_w}{x}}$$

ただし、 K_b はアンモニアの電離定数、 K_w は水のイオン積である。

例題77参照

〔注〕 pH の式は、 $K_w = 1.0 \times 10^{-14}$ (mol/L)² のときの式。

例題 7.5 アンモニア水の $[\text{OH}^-]$ (式の導入)

ある温度において、 C (mol/L) のアンモニア水がある。同温度におけるアンモニアの電離定数を K_b とおく。このとき、同アンモニア水の水酸化物イオン濃度 $[\text{OH}^-]$ を、 C と K_b とを用いて表せ。ただし、電離度は1に比べて極めて小さいとする。

例題 7.6 アンモニア-塩化アンモニウム混合水溶液の $[\text{OH}^-]$

ある温度において、アンモニアと塩化アンモニウムとの混合水溶液がある。アンモニアの濃度は C_b (mol/L)、塩化アンモニウムの濃度は C_s (mol/L) であり、両濃度はあまり大きくは離れていない。また、同温度におけるアンモニアの電離定数を K_b とおく。このとき、同混合水溶液の水酸化物イオン濃度 $[\text{OH}^-]$ を、 C_b および C_s と K_b とを用いて表せ。

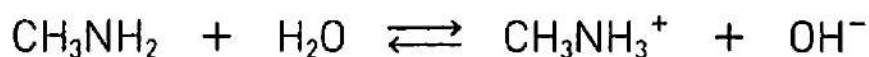
例題 7.7 塩化アンモニウム水溶液の $[\text{OH}^-]$ (式の導入)

ある温度において、 x (mol/L) の塩化アンモニウム水溶液がある。同温度におけるアンモニアの電離定数を K_b 、水のイオン積を K_w とおく。このとき、同塩化アンモニウム水溶液の水酸化物イオン濃度 $[\text{OH}^-]$ を、 x と K_b 、 K_w を用いて表せ。

例題 7/8 1 価の弱塩基の水溶液

次の文章を読み、以下の問いに答えよ。必要な場合には次の値を用いよ。原子量は、 $H=1.0$, $C=12$, $N=14$ とする。また、水のイオン積 $K_w=1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$, $\log_{10} 4.4=0.643$ とする。

アンモニアやメチルアミンのような弱塩基は、水溶液中では弱酸と同じように、電離していない分子と電離して生じたイオンとの間に電離平衡が成立している。例えば、メチルアミンの水溶液中では次のような電離平衡が成立する。



このときの平衡定数を求めると、

$$K = \frac{[\text{CH}_3\text{NH}_3^+][\text{OH}^-]}{[\text{CH}_3\text{NH}_2][\text{H}_2\text{O}]} \dots\dots (\text{式 A})$$

となる。 $[\text{H}_2\text{O}]$ は低濃度のメチルアミン水溶液では一定と考えてよいので、式 A は次のようになる。

$$K[\text{H}_2\text{O}] = \frac{[\text{CH}_3\text{NH}_3^+][\text{OH}^-]}{[\text{CH}_3\text{NH}_2]} = K_b (\text{mol/L})$$

メチルアミン水溶液の場合には、この K_b をメチルアミンの電離定数といい、 25°C では $4.4 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$ である。

問 3.1 g/L のメチルアミン水溶液の 25°C での pH を計算せよ。小数点以下第 1 位まで答えよ。ただし、電離度 α は、 $0 < \alpha \leq 1$ であるとみなしてよいものとする。

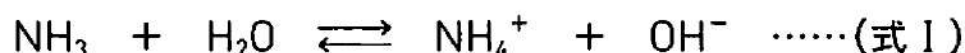
鳥取大/改

例題 7-9 弱塩基とその塩の混合水溶液

次の文を読んで、[イ], [ロ]に適した数値を記入せよ。

ただし、 $\log_{10}2=0.301$, $\log_{10}3=0.477$, $\log_{10}7=0.845$, $\log_{10}11=1.041$, $\log_{10}13=1.114$ とし、数値は有効数字 2 桁で解答せよ。また、溶液をつくるときの体積変化は無視せよ。

〔段落 1〕 アンモニアを水に溶かすと、(式 I) で表される反応で水酸化物イオン OH^- が生じる。



純水 1 L に 0.10 mol のアンモニアを溶かし込み、この溶液を平衡状態にすると、そのうちの 1.3% が NH_4^+ として存在するようになる。したがって、水酸化物イオンの濃度は $1.3 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ になる。水のイオン積を $1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$ とすると、この溶液の pH は約 11 である。

〔段落 2〕 これに 0.20 mol の NH_4Cl を加えると、(式 I) の平衡は左に移動し、アンモニアの濃度 $[\text{NH}_3]$ は 0.10 mol/L とみなせるようになるので、水酸化物イオンの濃度は [イ] mol/L となる。このような弱塩基とその塩の混合水溶液は緩衝溶液と呼ばれ、少量の酸または塩基を加えてもその pH はあまり変化しない。

〔段落 3〕 たとえば、この溶液に $1.0 \times 10^{-2} \text{ mol}$ の HCl を加えた場合、この HCl は NH_4Cl の増加分として使われることになるので、水酸化物イオンの濃度は [ロ] mol/L となる。

〔段落 4〕 これは、純水 1 L に同量の HCl を加えた場合の水酸化物イオンの濃度と大きく異なる。

例題(80) 1 価の弱酸(ギ酸と酢酸)の混合水溶液

濃度 $2C$ (mol/L) のギ酸水溶液に、同じ体積の 2.20×10^{-4} mol/L の酢酸水溶液を混合した。この混合水溶液の水素イオン濃度は 2.80×10^{-4} mol/L であった。下の各問に答えよ。

ただし、すべての水溶液の温度は 25°C であり、ギ酸と酢酸の電離定数はそれぞれ 2.80×10^{-4} mol/L, 2.80×10^{-5} mol/L とする。また、混合後の水溶液のギ酸イオンと酢酸イオンの濃度の和は水素イオン濃度に等しいものとする。

問 1 混合後の酢酸イオンの濃度はいくらか。有効数字 2 桁で答えよ。

問 2 C はいくらか。有効数字 2 桁で答えよ。

東工大

例題(81) アミノ酸の水溶液

下の式中の A, B, C は、それぞれ pH によってイオン化(電離)状態の異なるフェニルアラニン $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}(\text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_5)-\text{COOH}$ を示す。



ここでは、A を 2 価の酸とみなしたとき、その第一段階の電離平衡の電離定数 K_1 は、 $K_1 = 10^{-1.8}$ (mol/L)、その第二段階の電離平衡の電離定数 K_2 は、 $K_2 = 10^{-9.2}$ (mol/L) であるものとする。

問 1 A から C の平衡混合物の総電荷(A, B, C がもつ電荷を足し合わせたもの)がゼロとなる pH を等電点という。フェニルアラニンの等電点を小数第 1 位まで求めよ。

問 2 水溶液の pH が 4 のときに最も多く存在するイオン化状態のフェニルアラニンは A から C のどれか。

芝浦工大

例題 8.2 水酸化物沈殿の形成

溶解性の 2 価の鉛イオン Pb^{2+} は神経毒性や腎毒性が高く、環境への放出は大きな問題となる。ある工場の廃水には、金属の陽イオンとして Pb^{2+} のみが濃度 $1.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ で溶解しているものとする。この廃水中の Pb^{2+} を水酸化物として沈殿させ、工場外へ Pb^{2+} ができる限り流出しないようにしたい。温度は常に一定とし、以下の問いに答えよ。なお、水酸化カルシウム $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 水溶液を加えることによる体積増加分は無視してよい。また、必要であれば、 $\log_{10} 2 = 0.30$, $\log_{10} 3 = 0.48$, $\log_{10} 5 = 0.70$, $\log_{10} 7 = 0.85$ を用いよ。

問 1 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 水溶液を加えて鉛の水酸化物の沈殿をつくる。生じた水酸化鉛(II) $\text{Pb}(\text{OH})_2$ は水に溶けにくい塩であり、水中で極めて少量が溶けて飽和水溶液になる。溶けた塩は完全に電離してイオンになっているとみなすことができる。また、イオンと水酸化物の沈殿との間には固体の量に関わらず溶解平衡が成り立つ。よって、一定の温度ではイオンのモル濃度の積(溶解度積)は一定になる。 $\text{Pb}(\text{OH})_2$ の溶解度積を $K_{\text{sp}} = [\text{Pb}^{2+}][\text{OH}^-]^2 = 1.6 \times 10^{-20} (\text{mol/L})^3$ とし、 $\text{Pb}(\text{OH})_2$ の沈殿が生じはじめる pH を小数第 1 位まで求めよ。水のイオン積は $K_{\text{w}} = [\text{H}^+][\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$ とし、水のモル濃度は一定とみなしてよい。

問 2 廃水に $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 水溶液を加えて、pH を 9.0 まで上昇させて平衡に達したとき、沈殿せずに廃液中に残る Pb^{2+} のモル濃度を有効数字 2 桁で答えよ。

東京農工大