

電離平衡・緩衝液・塩の加水分解

1. 次の文を読み、問1～問3に答えよ。必要があれば次の数値を用いること。
25°Cにおける水のイオン積 $K_w = 1.00 \times 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{L}^2$, $\log_{10} 2 = 0.300$

水溶液を取り扱う実験では、その pH を一定に保つことが必要な場合がある。このようなとき、酸や塩基を加えても、それが少量であれば、その影響を緩和し、pH がほぼ一定に保たれる水溶液が用いられる。このような水溶液を [(a)] 液といい、その作用を [(a)] 作用という。 [(a)] 液は、 [(b)] を [(c)] で中和滴定するときや、 [(d)] を [(e)] で中和滴定するときにも生じる。例としては、 [(b)] である酢酸の水溶液の、水酸化ナトリウム水溶液による中和や、 [(d)] であるアンモニア水の、塩酸による中和などが挙げられる。

問1 文中の [(a)] に当てはまる最も適当な語句を記せ。

問2 文中の [(b)] ～ [(e)] に当てはまる最も適当な語句はどれか。次の【解答群】から選び、番号を記せ。

【解答群】 (1) 強酸 (2) 弱酸 (3) 強塩基 (4) 弱塩基

問3 下線部に関連して、0.200mol/L のアンモニア水を塩酸で中和する実験を行った。次の問いに答えよ。ただし、アンモニア水中のアンモニアの電離度は 0.0100 とする。また、実験は 25°C で行い、反応によって温度は変化しないものとする。

(1) 塩酸滴下前のアンモニア水について、以下の(A)～(E)はそれぞれいくらか。有効数字3桁で求め、数値を記せ。

(A) NH_4^+ のモル濃度 (B) OH^- のモル濃度 (C) NH_3 のモル濃度 (D) H^+ のモル濃度
(E) pH

(2) アンモニアの電離定数 K_b は何 mol/L か。有効数字3桁で求め、数値を記せ。

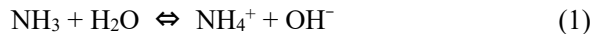
(3) 中和反応によって得られる塩の化学式を記せ。

(4) 中和点での水溶液は弱酸性であった。その理由を50字程度で答えよ。

(2019 甲南大)

2. 次の文章を読み、問1～問4に答えよ。

アンモニア NH_3 の水溶液は式(1)の電離平衡にある。



水中でのアンモニアの電離定数 K_b は、式(2)として表すことができる。

$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} \quad (2)$$

問1 C (mol)のアンモニアを 1.0L の水に溶解した水溶液の pH を、 K_b 、 C および水のイオン積 K_w を用いて示せ。なお、アンモニアの電離度は十分小さく、また、アンモニアの溶解にともなう水の体積変化はないものとする。

問2 式(1)の平衡状態にある希薄なアンモニア水に対する次の(ア)～(エ)の操作と結果の関係について、正しいものをすべて選び記号で答えよ。

- (ア) 水で 2 倍に希釈すると、 NH_4^+ の濃度は 2 分の 1 になる。
- (イ) 塩化水素 HCl を通じると、 NH_4^+ の濃度は上昇する。
- (ウ) 水酸化ナトリウム NaOH を加えると、pH は小さくなる。
- (エ) 酢酸アンモニウム $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ を加えると、pH は小さくなる。

問3 0.200mol/L のアンモニア水 0.500L と 0.400mol/L の塩化アンモニウム NH_4Cl 水溶液 0.500L を混合した 1.00L の水溶液を調製した。次の(1)、(2)に答えよ。25°C の $K_b = 1.80 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ 、 $K_w = 1.00 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$ とする。

- (1) この水溶液の 25°C における pH を有効数字 2 桁で答えよ。
- (2) この水溶液に $5.00 \times 10^{-2} \text{ mol}$ の塩化水素 HCl を通じ、すべて吸収させた。得られた水溶液の 25°C における pH を、有効数字 2 桁で答えよ。

(2019 北海道大)

3. 次の文章を読み、文中の空欄[ア]、[イ]に最も適するものをそれぞれの解答群の中から一つ選びなさい。また、空欄[ウ]に適する語句を書きなさい。

対数と平方根が必要な場合には、次の値を用いなさい。

$$\log_{10} 1.4 = 0.15, \log_{10} 2 = 0.30, \sqrt{2} = 1.4$$

0.10mol/L の酢酸水溶液を 0.10mol/L の水酸化ナトリウム水溶液で滴定した。0.10mol/L の酢酸水溶液の pH は[ア]、中和点の pH は[イ]である。また、酢酸水溶液を半分中和したときの水溶液は、他のイオンを加えたり希釈したりしても pH をほぼ一定に保つことができる。このような作用を[ウ]作用とよぶ。なお、酢酸の電離定数 K_a を 2.0×10^{-5} とする。

アの解答群

(1) 0.85 (2) 1.0 (3) 1.9 (4) 2.3 (5) 2.9 (6) 3.2 (7) 3.9 (8) 4.7 (9) 5.7

イの解答群

(1) 3.0 (2) 4.7 (3) 7.0 (4) 8.7 (5) 9.0 (6) 9.4 (7) 9.7 (8) 11 (9) 13

(2013 明治大)

4. 以下の問題文を読み、ア、イに該当する最も適当な数値を解答群から選びなさい。
アンモニアは水に溶けて塩基性を示す。



この電離平衡において電離定数 K_b は

$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]}$$

で表わされ、その値は $2.00 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ である。また水のイオン積は

$$K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$$

とする。必要ならば $\log_{10} 2 = 0.30$, $\log_{10} 3 = 0.48$, $\log_{10} 5 = 0.70$ を使用しなさい。

問1 0.200mol/L のアンモニア水の pH は[ア]と計算される。

アの解答群

(0) 8.3 (1) 8.8 (2) 9.3 (3) 9.8 (4) 10.3 (5) 10.8

(6) 11.3 (7) 11.8 (8) 12.3 (9) 12.8 (10) 13.3

問2 0.200mol/L のアンモニア水 100mL に NH_4Cl を 0.0100mol 加えて完全に溶解した。
この水溶液の pH は[ア]と計算される。 NH_4Cl を添加した際の体積変化は無視してよい。

イの解答群

(0) 8.6 (1) 9.1 (2) 9.6 (3) 10.1 (4) 10.6 (5) 11.1

(7) 11.6 (7) 12.1 (8) 12.6 (9) 13.1 (10) 13.6

(2012 東京理科大)

5. 次の文章を読み、問に答えよ。なお、必要があれば、次の値を用いよ。

水のイオン積 $K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$ (25°C)。酢酸の電離定数 $K_a = 2.8 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ (25°C)。 $\log_{10} 2 = 0.30$, $\log_{10} 3 = 0.48$, $\log_{10} 7 = 0.85$ 。

問 次に示す(a)~(c)の水溶液の25°CにおけるpHを、四捨五入して小数第1位まで求めよ。解答欄には計算の過程を含めて記入すること。

解答

(a) 0.070mol/L の酢酸水溶液

(b) 0.20mol/L の塩酸 10mL と 0.10mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 40mL を混合した溶液

(c) 0.10mol/L の酢酸水溶液に、同体積の 0.10mol/L の酢酸ナトリウム水溶液を混合した溶液

(2010 長崎大)

6. 必要ならば以下の数値を用いなさい。

$\log_{10} 2 = 0.30$, $\log_{10} 3 = 0.48$, $\log_{10} 7 = 0.85$

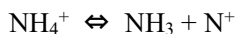
次の(A)。(B)。(C)に最も適合するものを、それぞれA群、B群、C群の(イ)~(ホ)から選びなさい。

25°Cでの水のイオン積は $K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$ であり、 $1.0 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$ の水酸化カリウム水溶液のpHは(A)である。一方、水に溶けたアンモニアがアンモニウムイオンを生成する反応



の平衡定数が25°Cにおいて $\frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} = 1.8 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$

であるとき、 $5.6 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ のアンモニア水のpHはおおよそ(B)である。また、



の平衡定数は(C)mol/Lである。

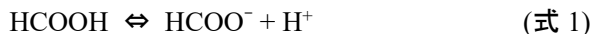
A : (イ) 6 (ロ) 7 (ハ) 8 (ニ) 9 (ホ) 14

B : (イ) 10 (ロ) 11 (ハ) 12 (ニ) 13 (ホ) 14

C : (イ) 5.6×10^{18} (ロ) 1.8×10^9 (ハ) 5.6×10^{-9} (ニ) 5.6×10^{-10} (ホ) 1.8×10^{-19}

(2009 早稲田大)

7. ギ酸は弱酸であるため水に溶けると(式 1)に示すような電離平衡が成り立つ。



問1 ギ酸の電離定数が $3.0 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$ であるとする、 $3.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ のギ酸水溶液の水素イオン濃度を求めよ。

問2 $1.2 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$ のギ酸水溶液の水素イオン濃度と電離度は、同じ温度の $3.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ のギ酸水溶液と比べ、それぞれ約(ア)倍および約(イ)倍である。なお、電離度は1より十分に小さいものとする。文章中の(ア)、(イ)にあてはまる数値を答えよ。

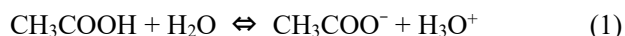
問3 弱酸とその塩(例:ギ酸とギ酸ナトリウム)の混合水溶液では、溶解した塩のほとんどが水溶液中で電離する。そのため、少量の酸または塩基を加えてもpHがほとんど変化しない。このような緩衝作用は弱酸と塩のモル濃度(mol/L)が等しいときに最も大きく、このときの水素イオン濃度は弱酸の電離定数(ウ)。また、弱酸より塩の濃度を高くしたときの水素イオン濃度は、両者のモル度(mol/L)が同じときに比べて(エ)。文章中の(ウ)、(エ)にあてはまる適切な語句の組み合わせを下記より選びなさい。

- A より小さい 低くなる
- B より小さい 変わらない
- C より小さい 高くなる
- D と等しい 低くなる
- E と等しい 変わらない
- F と等しい 高くなる
- G より大きい 低くなる
- H より大きい 変わらない
- I より大きい 高くなる

(2013 明治大)

8. 次の文章を読んで、あとの各問に答えよ。

水溶液中において、弱酸である酢酸 CH_3COOH の一部の分子は電離しているが、残りの大部分は分子のまま溶けており、次のような電離平衡が成立している。



この電離定数は $K_a = 2.0 \times 10^{-5}$ とする。

一方、酢酸ナトリウム CH_3COONa がほぼ完全に電離して生じた酢酸イオン CH_3COO^- の加水分解反応は、



であり、加水分解定数は K_h で表わされる。ここでは $K_h = 5.0 \times 10^{-10}$ とする。

問1 0.010mol/L 酢酸の電離度 α を 4.5×10^{-2} として、水素イオン濃度 $[\text{H}^+]$, pH を計算せよ。ただし、 $\log_{10} 4.5 = 0.65$ とする。

問2 0.020mol/L 酢酸ナトリウム溶液の水酸化物イオン濃度 $[\text{OH}^-]$ を、加水分解定数 $K_h = 5.0 \times 10^{-10}$ を使って計算し、さらに、この溶液の pH の値を求めよ。必要ならば $[\text{OH}^-] = \sqrt{cK_h}$ (c : 溶質のモル濃度) を使え。水のイオン積は $K_w = 1.0 \times 10^{-14}$ とせよ。ただし、 $\sqrt{10} = 3.16$ とし、 $\log_{10} 3.2$ および $\log_{10} 3.1$ はいずれも 0.50 とせよ。

問3 酢酸と酢酸ナトリウムを混合して、酢酸 0.010mol/L, 酢酸ナトリウム 0.020mol/L の混合溶液を調製した。この混合溶液中の酢酸濃度 $[\text{CH}_3\text{COOH}]$, 酢酸イオン濃度 $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$ は、それぞれいくらであるか。下記の「考え方」を参考にせよ。

「考え方」: このように酢酸と、酢酸からできた塩の混合溶液中においては、式(1)の酢酸電離により生成する H_3O^+ , 式(2)の酢酸イオンの加水分解で生じる OH^- の濃度は、いずれも無視できるほど小さい。

問4 問3の混合溶液の pH を計算すると 5.0 となる。このような弱酸と弱酸からできた塩の混合溶液には、何という作用が働くかを答えよ。

(2012 高知大)

9. 次の文の(①)~(②)に入れるのに最も適当なものを解答群から選びなさい。ただし、同じ記号を繰り返し用いてもよい。また(③)~(⑤)には四捨五入して有効数字2桁の数値を、それぞれ解答欄に記入しなさい。

水のイオン積を $K_w=[H^+][OH^-]=1.0\times 10^{-14}(\text{mol/L})^2$ とする。

強酸、強塩基は、水溶液中ではほぼ完全に電離している。 $1.0\times 10^{-5}\text{mol/L}$ の水酸化ナトリウム水溶液のpHは(①)である。 $1.0\times 10^{-5}\text{mol/L}$ の塩酸を 10^4 倍希釈した水溶液のpHは(②)である。一方、弱酸や弱塩基はその濃度によって電離度 α が異なる。例えば、電離定数が $1.0\times 10^{-4}\text{mol/L}$ の一価の弱酸の場合、 $1.1\times 10^{-2}\text{mol/L}$ 水溶液では $\alpha=0.091$ であるが、 $2.0\times 10^{-4}\text{mol/L}$ 水溶液では $\alpha=(③)$ となる。

次に、弱酸とその塩の混合溶液の緩衝作用について考えてみよう。酢酸の電離定数 K_a は④式で表される。

$$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = 2.8 \times 10^{-5} \text{mol/L} \quad (25^\circ\text{C}) \quad \text{④}$$

酢酸に適量の酢酸ナトリウムを加えた水溶液では、酢酸ナトリウムがほぼ完全に電離するので、酢酸はほとんど電離しない。

いま、 25°C において 0.20mol/L の酢酸 100mL に酢酸ナトリウム $3.0\times 10^{-2}\text{mol}$ を加えた混合溶液1をつくった。混合溶液1の $[\text{H}^+]$ は④式を用いて計算すると(④) $\times 10^{-5}\text{mol/L}$ となる。混合溶液1に少量の塩酸を加えると⑤式の反応が起こり、酢酸イオンの一部が酢酸に変わる。



そこで、混合溶液1に 2.0mol の塩酸 1.0mL を加えて混合溶液2をつくった。塩酸を加えたことによる溶液の体積変化を無視すると、混合溶液2の $[\text{H}^+]$ は、(⑤) $\times 10^{-5}\text{mol/L}$ となる。

このことから、弱酸とその塩の混合溶液に強酸を少量加えてもpHはあまり変化しないことがわかる。

解答群

(ア)2 (イ)3 (ウ)4 (エ)5 (オ)6 (カ)7 (キ)8 (ク)9 (ケ)10 (コ)11 (サ)12
(2011 関西大)

10. 次の文の[]および(⑨)に入れるのに最も適当なものを、それぞれ(a群)および(b群)から選びなさい。ただし、同じ記号を繰り返し用いてもよい。また、{⑥}、{⑩}には四捨五入して小数第2位までの数値を、{⑧}には語句を漢字で解答欄に記入しなさい。なお、 $\log_{10}2=030$ とする。

酢酸の水溶液について考えよう。酢酸水溶液の電離平衡は、①式のように書くことができる。



初めの酢酸のモル濃度を C_1 [mol/L]、水溶液中での酢酸の電離度を α とすると、電離平衡に達したときの水溶液中の CH_3COOH 、 H^+ および CH_3COO^- のモル濃度は、 C_1 と α を用いてそれぞれ $[\text{CH}_3\text{COOH}] = [\text{①}]$ [mol/L]、 $[\text{H}^+] = [\text{②}]$ [mol/L]、 $[\text{CH}_3\text{COO}^-] = [\text{③}]$ [mol/L] のように表される。

酢酸の電離定数は②式のように示され、その値は 2.69×10^{-5} ($= 10^{-4.57}$) mol/L (25°C) である。

$$K_a = \frac{[\quad] [\quad]}{[\quad]} \quad \text{②}$$

ここで、電離度 α は 1 に比べて非常に小さいので、電離定数 K_a は近似的に [④] と表される。そこで、 $[\text{H}^+]$ は K_a と C_1 を用いて [⑤] [mol/L] のように表される。したがって、酢酸水溶液の pH は次のようになる。

$$\text{pH} = -\log_{10} [\text{H}^+] = -\log_{10} [\text{⑤}] \quad \text{③}$$

この式を用いると、1.0mol/L の酢酸水溶液 (25°C) の pH は { ⑥ } と計算される。

一方、酢酸ナトリウムは水溶液中で④式のように完全に電離していると考えることができる。



酢酸ナトリウムのモル濃度を C_2 [mol/L] とすると、酢酸ナトリウムの電離によって生じる CH_3COO^- は [⑦] [mol/L] である。酢酸と酢酸ナトリウムの混合水溶液は少量の酸や塩基を加えても pH の値がほとんど変化しない。このような溶液は { ⑧ } 液と呼ばれる。

酢酸と酢酸ナトリウムの混合水溶液の pH は、酢酸水溶液の場合と同様にして計算される。このとき多量の CH_3COO^- が存在するので、水溶液中での酢酸の電離度は非常に小さくなる。したがって、濃度 C_1 [mol/L] の酢酸と濃度 C_2 [mol/L] の酢酸ナトリウムを含む混合水溶液の pH は [⑨] で示される。そこで、酢酸の電離定数 $K_a = 2.69 \times 10^{-5}$ ($= 10^{-4.57}$) mol/L (25°C) を用いると、0.030mol/L の酢酸水溶液 50mL と 0.030mol/L の酢酸ナトリウム水溶液 100mL とを混合した水溶液 (25°C) の pH は { ⑩ } となる。

(a 群)

ア C_1 イ $\frac{C_1}{\alpha}$ ウ $C_1 \alpha$ エ $C_1 \alpha^2$ オ $C_1^2 \alpha^2$ カ $\frac{K_a}{C_1}$ キ $C_1 K_a$ ク $C_1 (1 + \alpha)$

ケ $C_1 (1 - \alpha)$ コ $C_1 (1 - \alpha)^2$ サ $\sqrt{\frac{K_a}{C_1}}$ シ $\sqrt{C_1 K_a}$ ス C_2 セ $C_2^2 \alpha^2$ ソ $C_2 (1 - \alpha)^2$

(b 群)

ア $-\log_{10} K_a + \log_{10} \frac{C_2}{C_1}$ イ $\log_{10} K_a + \log_{10} \frac{C_2}{C_1}$ ウ $\log_{10} K_a + \log_{10} \frac{C_1}{C_2}$ エ $-\log_{10} K_a + \log_{10} \frac{C_1}{C_2}$

(2009 関西大)

11. 問題を通じ、その必要があれば次の数値を用いよ。

$\log_{10} 2 = 0.300$, $\log_{10} 3 = 0.480$, $\sqrt{3} = 1.73$ とする。

水のイオン積 $K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$

次の酢酸と酢酸ナトリウムの混合水溶液に関する文を読んで各問に答えよ。設問での指示がないときは、計算問題の答えは四捨五入のうえ、有効数字 3 桁の数字で示せ。

純水に少量の酸や塩基を加えると、その水溶液の pH は大きく変化する。しかし、弱酸とその塩や弱塩基とその塩の混合水溶液には、外部から酸や塩基が加わっても、(1)水溶液の pH をはば一定に保つ働きがある。

1.00L 中に酢酸 C_a mol に、酢酸ナトリウム C_s mol を含む混合水溶液がある。酢酸は、水中でその一部が (ア) して、①式のような (ア) 平衡状態にある。



ここへ酢酸ナトリウムを加えると、ほぼ完全に (ア) する。



こうして、混合水溶液中に多量の酢酸イオンが供給されると (イ) 効果により①式の平衡は大きく左に片寄ることになり、酢酸の (ア) はかなり抑えられた状態となる。この混合水溶液に外部から酸を加えると、溶液中の酢酸イオンと反応するため、溶液中の (ウ) はそれほど増加しない。一方、外部から塩基を加えると溶液中の (ウ) と反応して中和が起こり、(ウ) が減少するため、①式の平衡が右に片寄り (ウ) を補充する。

問 1 文中 (ア) ~ (ウ) にあてはまる適当な語句を答えよ。

問 2 下線部 (1) の作用を何というか。

問 3 ①式の (ア) 定数 K_a 、酢酸 C_a mol/L、酢酸ナトリウム C_s mol/L を用いて、水素イオン濃度と pH を答えよ。

問 4 外部から加えられる酸、塩基のいずれに対しても問 2 の最大の作用を示すには、この酢酸と酢酸ナトリウムの濃度比 (酢酸 : 酢酸ナトリウム) はいくらか。

問 5 1.00mol/L の酢酸の水溶液が 1.00L ある。この水溶液をすべて用いて pH5.00 の酢酸-酢酸ナトリウム混合水溶液をつくるには、酢酸ナトリウムの物質質量 (mol) はいくら必要か。ただし、酢酸の $K_a = 2.0 \times 10^{-5}$ mol/L、溶液の体積変化は無視しうるものとする。

問 6 問 5 の混合水溶液に、1.00mol/L の塩酸を 10mL 加えた時の水素イオン濃度 (mol/L) はいくらか。

問 7 0.300mol/L 酢酸水溶液 50.0mL と 0.100mol/L 水酸化ナトリウム水溶液 50mL と混合した時の pH はいくらか。ただし、酢酸の $K_a = 2.0 \times 10^{-5}$ mol/L とする。

(2012 昭和大)

12. 次の文章を読んで、(1)~(4)の問いに答えよ。ただし、反応容器は一定温度に保ち、その温度における酢酸の電離定数 K_a および水のイオン積 K_w を、それぞれ $K_a = 2.70 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$, $K_w = 1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$ とする。また、必要であれば、 $\sqrt{3} = 1.73$, $\log_{10} \sqrt{2.70} = 0.216$, $\log_{10} 2.70 = 0.431$, $\log_{10} 3 = 0.477$ を用いよ。

塩酸は強酸であり、0.100mol/L の濃度では、pH の値は(①)である。同じ濃度の0.100mol/L の弱酸水溶液では、電離度は1よりも非常に小さく、弱酸の電離により生じる水素イオンの濃度は0.100mol/L よりも非常に小さい。このことを考慮して計算すると、例えば、0.100mol/L の酢酸水溶液の pH の値は(②)と求められる。弱酸水溶液の pH の値は、同じ濃度の強酸水溶液の pH の値よりも大きくなるのがわかる。

ここで、0.100mol/L の酢酸水溶液 10.0mL に、0.100mol/L の水酸化ナトリウム水溶液を少しずつ加えていくと、水溶液の pH は図1のように変化した。水酸化ナトリウム水溶液を入れる前(点 A)の水溶液の pH の値は、(②)である。図1中の B の範囲では、水酸化ナトリウム水溶液を加えていっても、水溶液の pH はほとんど変化しない。この理由は、この水溶液が未反応の CH_3COOH と中和反応によって生じた CH_3COONa との水溶液になっており、結果的に(③)液になっているからである。水酸化ナトリウム水溶液を 5.00mL 加えたとき(点 C)、(③)作用が最も大きくなる。点 C での pH の値は(④)となる。水酸化ナトリウム水溶液を 10.0mL 加えたときの点 D が中和点であり、(a)点 D では、水溶液は塩基性である。さらに水酸化ナトリウム水溶液を加えた点 E (20.0mL の水酸化ナトリウムを加えた点)での pH の値は(⑤)である。

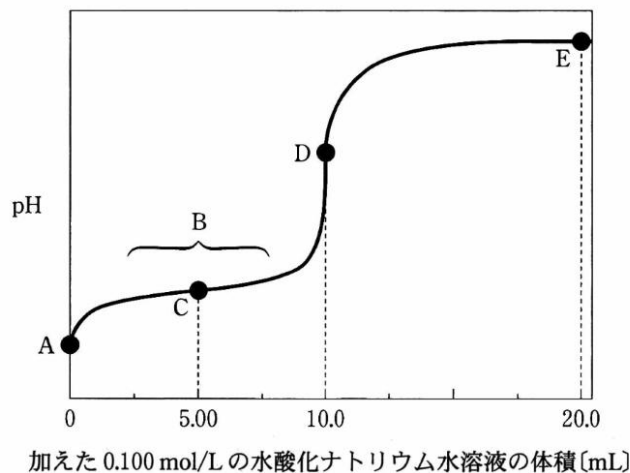


図1 水酸化ナトリウム水溶液による酢酸水溶液の滴定曲線

- (1) 空欄(①). (②). (⑤)に入る数値を、小数点以下第2位を四捨五入して小数点以下第一位まで求めよ。なお、答えだけでなく、考え方と計算過程も示せ。
- (2) 空欄(③)にあてはまる適切な語句を書け。

(3) 空欄(④)に入る pH の値を、小数点以下第 2 位を四捨五入して小数点以下第 1 位まで求めよ。必要であれば、下記の記述を参考にせよ。なお、答えだけでなく、考え方と計算過程も示せ。

酸や塩基の水溶液の水素イオン濃度は、非常に広い数値の範囲で変化する。そこで、水素イオン濃度 $[H^+]$ の逆数の常用対数を用いて酸性・塩基性の程度を表すと便利である。同様に、酸の電離定数 K_a についても常用対数を用いて、 $pK_a = -\log_{10} K_a$ と表し、この pK_a の大小で酸の強さを比較すると便利である。電離定数 K_a が大きい酸ほど強い酸であるから、 pK_a が小さいほど強い酸であるといえる。

酢酸水溶液では、 $pK_a = -\log_{10} K_a$ より、

$$pK_a = -\log_{10} \frac{[CH_3COO^-][H^+]}{[CH_3COOH]} = -\log_{10} \frac{[CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]} - \log_{10} [H^+]$$

ここで pH の定義より、

$$pH = pK_a + \log_{10} \frac{[CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]} \quad (1)$$

が得られる。この式(1)を用いると、空欄(④)に入る pH の値を容易に求めることができる。

(2010 東京農工大)

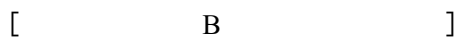
13. 次の文章を読み、問いに答えよ。

緩衝溶液は、酸や塩基を加えても pH がほとんど変化しない溶液で、弱酸とその塩あるいは弱塩基とその塩を含む混合溶液として作ることができる。例えば、0.1mol/L のアンモニア水 10mL と 0.1mol/L の塩化アンモニウム水溶液 20mL を混ぜると、pH9.2 を維持する緩衝溶液を作ることができる。

アンモニア水の電離平衡は



のように表される。また、塩化アンモニウムは水中で完全電離するので



のように表される。

アンモニアと塩化アンモニウムの緩衝溶液では[B]の反応で生じる多量の[あ]のために、アンモニア水だけの場合に比べ pH は[い]なる。この緩衝溶液に酸を加えると多量に存在する[う]と反応するため pH はほとんど変化しない。また、塩基を加えた場合は多量に存在する[え]と反応するため pH はほとんど変化しない。

(1) 文章中の[A]と[B]について、化学反応式を解答例にならって[]内に記入せよ。



(2) 文章中の[あ]～[え]について、最も適当な語句を下の選択肢の中から選びなさい。なお、同じ番号を何度用いてもよい。

- ① 水酸化物イオン ② アンモニア ③ 水 ④ 小さく ⑤ 一定に
⑥ 大きく ⑦ アンモニウムイオン ⑧ 水素イオン ⑨ 塩化物イオン

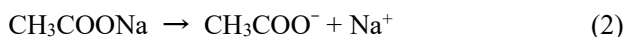
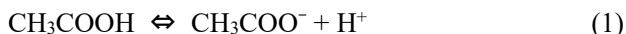
(3) 文章中の[あ]が、水と反応してもとの弱塩基を生じる変化を塩の何というか。

(4) 5×10^{-4} mol/L のアンモニア水の電離度を 0.2 として、この水溶液の pH を計算し、整数で求めよ。

(2009 立命館大)

14. 次の文章を読み、問 1～問 3 に答えよ。

水に少量の強酸や強塩基を加えると、その水溶液の pH の値は大きく変化する。しかし、酢酸と酢酸ナトリウムの混合水溶液に、強酸や強塩基を加えても、pH の値はほとんど変化しない。このような水溶液は緩衝液と呼ばれる。酢酸と酢酸ナトリウムは水溶液中でそれぞれ資 1),2) のように電離している。



酢酸の電離定数 K_a は、式(3)のように表される。

$$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} \quad (3)$$

式(3)を変形すると、 $\text{p}K_a$ と pH の関係は下記の式(4)のようになる。

$$\text{p}K_a = \text{pH} - \log_{10} \frac{[\text{ア}]}{[\text{イ}]} \quad (4)$$

問 1 空欄[ア]と空欄[イ]に入る適切な化学式を書け。

問 2 25°Cにおいて、酢酸 0.30mol と酢酸ナトリウム 0.30mol を純水に溶かして、1.0L の緩衝液を調製した。式(4)を用いて、この緩衝液の pH の値を小数点以下第 1 位まで求めよ。また計算過程も示せ。ただし、酢酸の水溶液中での電離は無視できるものとし、25°Cにおける酢酸の電離定数 K_a を 2.70×10^{-5} mol/L (= $3.0^3 \times 10^{-6}$ mol/L) とする。

問 3 問 2 で調製した緩衝液 100mL に 0.10mol/L の塩酸 (pH1.0) 100mL を加えて 200mL の混合溶液とした。得られた水溶液の pH の値を小数点以下第 1 位まで求めよ。また計算過程も示せ。なお、塩酸を加えることに伴う温度変化はないものとする。

(2019 岩手大)

15. 以下の文章を読んで問1～4に答えよ。必要があれば次の数値を用いよ。

$\log_{10} 2 = 0.30$, $\log_{10} 3 = 0.48$, $\log_{10} 5 = 0.70$

電解質溶液においてみられる電離反応の化学平衡を、特に電離平衡という。水溶液中では水そのものもわずかに電離し、式(1)に示す電離平衡の状態になっている。



水素イオン濃度 $[\text{H}^+]$ と水酸化物イオン濃度 $[\text{OH}^-]$ で表される $[A]$ を水のイオン積 K_w とよぶ。 K_w は温度が一定であれば一定の値を示し、 25°C では $K_w = 1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$ である。水の電離は中和反応の逆反応であるため(ア)反応であり、温度が上昇すると式(1)の平衡が(イ)側に移動し、 K_w の値は(ウ)なる。

次に、水溶液中における酸の電離について考える。酸の強弱は電離度 α に関係する。塩化水素と酢酸はともに一価の酸であるが、塩化水素の水溶液である塩酸は強酸で、 HCl 分子が H^+ と Cl^- にほぼすべて電離する。一方、酢酸は弱酸で、水溶液中で CH_3COOH 分子の一部だけが電離し、式(2)のような電離平衡になっている。



このとき、式(2)の平衡定数、すなわち酢酸の電離定数 K_a は、酢酸の濃度 $[\text{CH}_3\text{COOH}]$ 、酢酸イオンの濃度 $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$ 、 $[\text{H}^+]$ を用いると、 $K_a = [B]$ と表され、 25°C では $K_a = 2.70 \times 10^{-5} \text{mol/L}$ である。また、電離前の酢酸の濃度を $c (\text{mol/L})$ とすると、この関係式は c および酢酸の α を用いて、 $K_a = [C]$ と表せる。ここで、弱酸である酢酸の α は1に比べて極めて小さく、 $1 - \alpha \doteq 1$ とみなせるので、 K_a は c および α を用いて、 $K_a = [D]$ と表せる。これにより、 $[\text{H}^+]$ は c および K_a を用いた式で、 $[\text{H}^+] = [E]$ となる。この関係式をもとに、濃度 0.20mol/L の酢酸水溶液のpHを求めると2.6となる。

酢酸と酢酸ナトリウムを含む混合水溶液に、少量の強酸や強塩基を加えても、pHはあまり変わらない。このような働きを緩衝作用といい、緩衝作用のある溶液を緩衝溶液という。それでは、緩衝溶液のpH変化について考えてみよう。以下の操作はすべて 25°C で行うものとする。

酢酸ナトリウムは水溶液中で式(3)のようにほぼ完全に電離する。



0.20mol/L の酢酸水溶液 0.50L に、 0.20mol/L の酢酸ナトリウム水溶液 0.50L を加えると、式(2)の平衡は(工)側に移動する。このとき、酢酸の電離度 α が1に比べて極めて小さいので、平衡状態では CH_3COOH と CH_3COO^- は溶液 1.0L 中に 0.10mol ずつ含まれているとみなすことができる。従って、 $K_a = [B]$ の関係式より $[\text{H}^+] = (a) \times K_a$ と表され、このときのpHを求めると4.6となる

この混合水溶液に 0.020mol の HCl を含む少量の塩酸を加える。このとき塩酸の混合による体積変化は無視でき全体積をし 1.0L とする。酢酸の α は1に比べて極めて小さく、 HCl の電離で生じる H^+ は電離した CH_3COO^- と反応し CH_3COOH を生成するため、加えた HCl の量に応じて CH_3COOH と CH_3COO^- の濃度が変化する。この結果、 $[\text{H}^+] = (b) \times K_a$ となるので、塩酸を加えることでpHは(C)だけ小さくなる。次に、塩酸の代わりに 0.020mol の NaOH を含む少量の水酸化ナトリウム水溶液を加える。この

ときの体積変化は無視でき全体積を 1.0L とする。NaOH の電離で生じる OH^- は CH_3COOH と反応するため、 $[\text{H}^+] = (d) \times K_a$ となるので、水酸化ナトリウム水溶液を加えることで pH は (e) だけ大きくなる。以上のことから、酢酸と酢酸ナトリウムの混合水溶液は、少量の強酸や強塩基を加えても pH の変化が小さく緩衝溶液として働くことがわかる。

問 1 (ア)～(エ)にあてはまる語句について、以下の語群から適切なものを一つ選び、それぞれ答えよ。ただし、同じ語句を複数回選んでもよい。

発熱，吸熱，大きく，小さく，右，左

問 2 酢酸水溶液を三角フラスコにとり、水酸化ナトリウム水溶液をビュレットから滴下して中和滴定操作を行うとき、用いる指示薬として適切なものを以下から選び答えよ。また、その理由を簡潔に述べよ。ただし()内の数値は変色域の pH を示す。メチルオレンジ(3.1～4.4)、メチルレッド(4.2～6.2)、フェノールフタレイン(8.0～9.8)

問 3 [A]～[E]にあてはまる式を答えよ。

問 4 (a)～(e)にあてはまる数値を有効数字 2 桁で答えよ。計算過程も示せ。

(2019 奈良女子大)

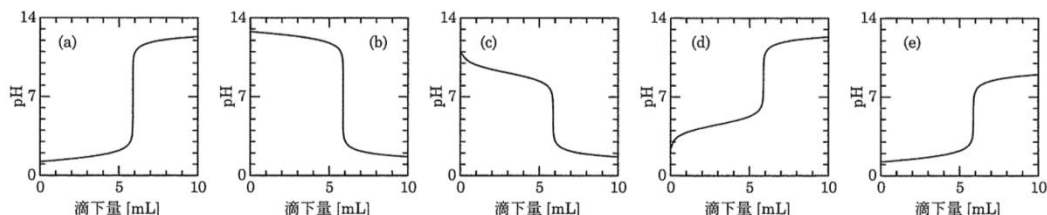
16. 水酸化ナトリウム水溶液を用いる中和滴定によって、酢酸水溶液の濃度を求める実験を行った。次の文章を読み、下の問 1～7 に答えよ。

はじめに、滴定で用いる水酸化ナトリウム水溶液の正確な濃度を知らるために、一次標準溶液として 0.0500mol/L のシュウ酸(COOH)₂ 水溶液を調製した。この(A)シュウ酸水溶液 10.0mL を正確にはかり取ってコニカルビーカーに入れ、指示薬溶液を数滴加えたのち、(B)水酸化ナトリウム水溶液を滴下したところ、9.80mL で中和点をむかえた。次に、(C)濃度不明の酢酸水溶液 20.0mL をはかり取り、蒸留水を加えて(D)正確に 100mL とした。この溶液 10.0mL をコニカルビーカーに正確にはかり取り、(E)指示薬溶液を数滴加えたのち、上記の水酸化ナトリウム水溶液を用いて滴定したところ、中和点となるまで 5.88mL を要した。

問 1 文中の下線部(A), (B)および(D)の操作で用いるガラス器具の名称を答えよ。

問 2 滴定で用いた水酸化ナトリウム水溶液のモル濃度を計算せよ。有効数字は 3 桁とし、計算の根拠も示すこと。

問3 酢酸水溶液に水酸化ナトリウム水溶液を滴下するときの中和滴定曲線として適切なものを、以下の(a)~(e)より1つを選択せよ。



問4 文中の下線部(E)で加える指示薬として適したものを以下の(a)~(c)より1つを選択し、その理由を説明せよ。

- (a) フェノールフタレイン (b) メチルオレンジ (c) メチルレッド

問5 文中の下線部(C)の水溶液の酢酸のモル濃度を求めよ。有効数字は3桁とし、計算の根拠も示すこと。

問6 酢酸の電離定数 $K_a = 3.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ として文中の下線部(C)の酢酸水溶液のpHを計算せよ。ただし、ここでの酢酸の電離度は1よりも十分小さいとみなせるものとし、 $\log_{10} 3 = 0.5$ とする。なお、pHは小数第1位まで求め、計算の根拠も示すこと。

問7 水酸化ナトリウム水溶液の正確な濃度は、上記のようにシュウ酸水溶液などの酸の一次標準溶液を用いて求める必要がある。その理由を説明せよ。

(2019 徳島大)

17. 次の文章を読んで、以下の問いに答えよ。なお、問1~4に対する答えは有効数字3桁で答えよ。

酢酸では、水溶液中で、①式のような電離平衡が成立する。



ここで、それぞれの成分のモル濃度を $[\text{CH}_3\text{COOH}]$, $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$, $[\text{H}^+]$ で表すと、酢酸の電離定数 K_a は②式になる。ただし、 K_a 値は、 $1.75 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ とする。

$$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} \quad \text{②}$$

次に、酢酸に酢酸ナトリウムを加えた水溶液中では、酢酸ナトリウムはほとんど完全に電離しているので、③式で表せる。



問1 0.100mol/L の酢酸水溶液の pH はいくらか。

問2 0.100mol/L の酢酸ナトリウム水溶液 5.00mL と 0.100mol/L の酢酸水溶液 4.00mL を混ぜた水溶液の pH はいくらか。

問3 問2 で用いた混合水溶液に、0.100mol/L の塩酸 1.00mL を加えると、pH はいくらになるか。ただし、塩酸は完全に電離しているものとする。

問4 純水 (pH7.00) 9.00mL に 0.100mol/L の塩酸 1.00mL を加えると、pH はいくらになるか。

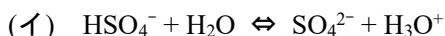
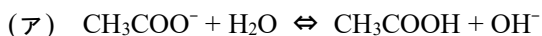
問5 問2 のような水溶液の作用を、問3 と問4 の結果にもとづき、25 字以内で記せ。

問6 問2 のような水溶液を何と呼ぶか。

(2019 藤田医科大)

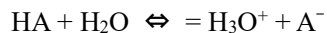
18. 酸と塩基の反応に関する次の各問に答えよ。

問1 次の(ア)と(イ)の各反応で、正反応および逆反応で酸として働いている物質、塩基として働いている物質はそれぞれどれか。化学式で答えよ。



問2 次の文章を読み、(ウ)～(オ)の{ }内の適切な語何を①、②から選び、正しい組み合わせとなるように記号で答えよ。また、空欄[カ]～[ケ]にあてはまる適切な語句または式を記せ。

酸 HA が水に溶けて、以下のように電離平衡に達している。



このとき、HA が弱酸であるほど平衡は(ウ){ ①左 ②右 }辺に偏るため、A⁻は(エ){ ①強い ②弱い } (オ){ ①酸 ②塩基 }といえる。

いま、平衡状態におけるそれぞれの物質のモル濃度を[]で表すと、この電離平衡の平衡定数 K は次式で表される。

$$K = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA][H_2O]}$$

HA の希薄溶液を考えると $[H_2O]$ は一定とみなせるので

$$K_a = K[H_2O] = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]}$$

となり、この K_a を HA の[カ]という。モル濃度 C [mol/L] の HA 水溶液で、電離度を α とすると、 $[H_3O^+]$ と $[HA]$ は C と α を用いて、

$[H_3O^+] = [A^-] = [キ]$, $[HA] = [ク]$ と表される。HA が弱酸であれば α は 1 に比べて非常に小さいので、 $[H_3O^+]$ は K_a と C を用いて次式で表される。

$$[H_3O^+] = [ケ]$$

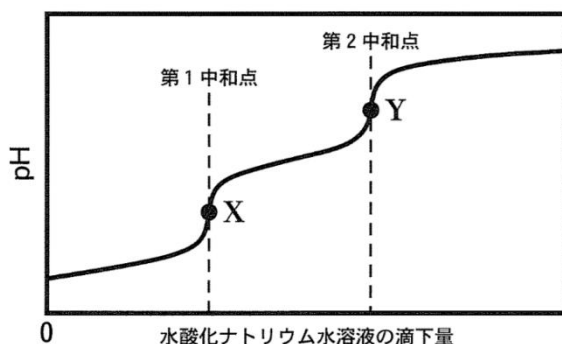
(2019 宮崎大)

19. 次の文章を読んで、問 1～3 に答えなさい。

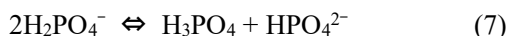
リンには、代表的な 2 種類の[ア]が存在する。分子式が P_4 と示される黄リン(白リン)は、淡黄色のろう状の固体で反応性に富み、空気中では自然発火するため、通常は[イ]中に保存する。一方、[ウ]は赤褐色の粉末であり、多数のリン原子が共有結合した構造を持ち、黄リンに比べて反応性が之しい。リンを空気中で燃焼させると[エ]が生成する。この粉末に水を加えて加熱すると、リン酸 (H_3PO_4) が得られる。リン酸は水中において 3 段階で電離する。その電離平衡および電離定数は、以下のよう表される。



0.10mol/L のリン酸 10mL を純水で 100mL に希釈した。この溶液を 0.10mol/L 水酸化ナトリウム (NaOH) 水溶液で滴定する実験を行った。この時の滴定曲線を下図に示した。



リン酸水溶液に水酸化ナトリウム水溶液を滴下していくと、図のように急激に pH が上昇する第 1 中和点 (点 X) が見られる。点 X における 0.10mol/L 水酸化ナトリウム水溶液の滴下量は [A] mL である。点 X においては、以下の(7)式で示される平衡反応が生じ、 $[H_3PO_4] = [HPO_4^{2-}]$ となる。



したがって、(2)式と(4)式より、

$$K_1K_2 = \frac{[H^+][HPO_4^{2-}]}{[H_3PO_4]} = [H^+]^2 \quad (8)$$

という関係が成り立つ。よって、点 X における pH は [B] と計算される。

0.10mol/L 水酸化ナトリウム水溶液をさらに [C] mL 滴下すると、第 2 中和点 (点 Y) が見られる。点 Y における pH は、第 1 中和点と同様に求めると 9.6 となる。点 X は指示薬として (a) {フェノールフタレイン・メチルオレンジ} を用い、(b) {赤・青・緑・黄・無} 色から (c) {赤・青・緑・黄・無} 色への変色を確認することによって判定できる。

0.10mol/L のリン酸水素二ナトリウム (Na_2HPO_4) 水溶液 10mL と 0.10mol/L のリン酸二水素ナトリウム (NaH_2PO_4) 水溶液 10mL を混合し、純水で 100mL に希釈して溶液 1 を作製した。溶液 1 において、ナトリウム塩は完全に電離し、(3)式の平衡のみが起こるとすると、pH は(4)式より [D] と計算される。ここでは、(1)式と(5)式の平衡および水の電離が無視できると考える。

100mL の溶液 1 に 1.0mol/L の塩酸 (HCl) を 0.20mL 添加し、溶液 2 を作製した。添加する塩酸の体積は少量であるので、溶液 2 の体積は 100mL に近似できるとする。塩酸の添加により、以下に示した(9)式の反応が進むとすると、溶液 2 におけるリン酸水素イオン (HPO_4^{2-}) の濃度は [E] mol/L に、リン酸二水素イオン ($H_2PO_4^-$) の濃度は [F] mol/L になる。ここでは、(9)式の反応で生じたリン酸二水素イオンの解離は無視してよい。



したがって、溶液 2 における pH は、(4)式により [G] と計算される。このように、溶液 1 は、少量の塩酸を加しても pH はあまり変化せず、pH をほぼ一定に保つ緩衝液として使用できる。

問 1 空欄 [ア] ~ [ウ] にあてはまる語句を答えなさい。また、空欄 [エ] にあてはまる化学式を答えなさい。

問 2 空欄 [A] ~ [G] あてはまる数値を有効数字 2 桁で答えなさい。

ただし、 $K_1 = 7.1 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$, $\log_{10} K_1 = -2.1$, $K_2 = 6.3 \times 10^{-8} \text{ mol/L}$, $\log_{10} K_2 = -7.2$, $K_3 = 4.5 \times 10^{-13} \text{ mol/L}$, $\log_{10} K_3 = -12$ を用いなさい。

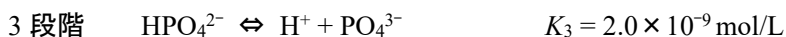
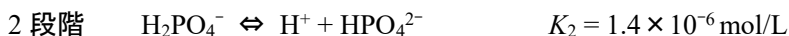
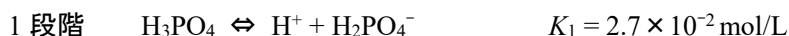
計算に必要であれば、 $\log_{10}(a \times b) = \log_{10} a + \log_{10} b$, $\log_{10} a^n = n \log_{10} a$ の関係式、および $\log_{10} 2 = 0.30$, $\log_{10} 3 = 0.48$ の値を用いなさい。

問 3 下線融(a)~(c)にあてはまる語句を、{ } の中からそれぞれ一つずつ選んで答えなさい。

(2019 神戸大)

20. 次の文章を読み、問 1 から問 6 に答えよ。

リンは植物の生長に必須の元素である。陸上の植物はリンを無機化合物の形で吸収し有機化合物である核酸やアデノシン三リン酸(ATP)を合成する。海洋においてもリンは植物プランクトンや海藻の生長に必須であり、無機化合物の形で取り込まれている。海水に溶けているリンの無機化合物の存在形態について考えてみる。海水中では H_3PO_4 が次のように電離した状態で存在している。



まず 1 段階目として、 H_3PO_4 は電離して H_2PO_4^- を生じる。次に 2 段階目で HPO_4^{2-} を生じ、3 段階目では PO_4^{3-} を生じる。ある一定の圧力および温度条件下において、電離定数 (K_1, K_2, K_3) は上記の値となる。

問 1 鉱物などの反応によりリンの単体が生成される。リンの単体には黄リンと赤リンがある。黄リンと赤リンのそれぞれの特徴を次の a から f より 3 つずつ選んで答えよ。

- a 分子式(P₄)で表される。 b 組成式(P)で表される。
c 発火点はおよそ 260°Cである。 d 発火点はおよそ 34°Cである。
e マッチ箱の側薬に使用されている。 f 毒性が強い。

問2 下線部について、リンは陸上の植物が必要とする肥料の三要素の1つである。リン以外の2つの要素について元素記号で示せ。

問3 H₃PO₄の物質名, H₂PO₄⁻, HPO₄²⁻, および PO₄³⁻のイオン名を答えよ。

問4 H₃PO₄は3価の酸である。以下の化合物から1価の酸および2価の酸をそれぞれ2つずつ選んで答えよ。

[HNO₃ NaOH CO₂ CH₃COOH KOH NH₃ (COOH)₂ Fe(OH)₃]

問5 海水における[H₃PO₄], [H₂PO₄⁻], [HPO₄²⁻], [PO₄³⁻]の各モル濃度は、pHの変化に伴って変化する。pHが8で、[H₂PO₄⁻]が1.0×10⁻⁸ mol/Lの海水の[H₃PO₄], [HPO₄²⁻], [PO₄³⁻]の各モル濃度を文章に記した電離定数の値を用いてそれぞれ答えよ。計算式も示せ。

問6 pH7 および pH9 の海水の場合、[H₂PO₄⁻], [HPO₄²⁻], [PO₄³⁻]の各イオンを濃度の高い順にそれぞれ並べて答えよ。ただし、文章に記した電離定数の値を用いること。計算式も示せ。なお、解答はモル濃度の高い順に左から右へ並べ、カンマで区切って示すこと。

(2019 東京海洋大)

解答

1. 問1 緩衝 問2 (b)2 (c)3 (d)4 (e)1 問3 (1)A 2.00×10^{-3}
 B 2.00×10^{-3} C 1.98×10^{-3} D 5.00×10^{-12} E 11.3
 (2) 2.02×10^{-5} (3) NH_4Cl (4) NH_4Cl はほぼ完全に電離し、生じた NH_4^+ が弱塩基由来のイオンなので、 H_2O と反応して H_3O^+ を生じるから。

2. 問1 $\frac{1}{2} \log_{10} CK_b - \log_{10} K_w$ 問2 イ, エ 問3 (1) 9.0 (2) 8.6

3. ア 5 イ 4 ウ 緩衝

4. (1) 6 (2) 2

5. (a) 2.9 (b) 12.6 (c) 4.6

6. A ハ B 口 C ニ

7. (1) $3 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ (2) ア 2 イ 0.5 (3) D

8. 問1 $[\text{H}^+] = 4.5 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ pH = 3.35 問2 $[\text{OH}^-] = 3.2 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$
 pH = 8.50 問3 $[\text{CH}_3\text{COOH}] = 1.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ $[\text{CH}_3\text{COO}^-] = 2.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$
 問4 緩衝作用

9. (1) ク (2) カ (3) 0.50 (4) 1.9 (5) 2.2

10. (1) ケ (2) ウ (3) ウ (4) エ (5) シ (6) 2.29 (7) ス (8) 緩衝
 (9) ア (10) 4.87

11. 問1 ア 電離 イ 共通イオン ウ 水素イオン 問2 緩衝

問3 水素イオン濃度: $\frac{K_a C_a}{C_b}$ pH: $-\log_{10} \frac{K_a C_a}{C_b}$ 問4 1:1

問5 2.00 mol 問6 $1.02 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$

12. (1) ① 1.0 ② 2.8 ⑤ 12.5 (2) 緩衝 (3) 4.6

13. (1) A: $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$ B: $\text{NH}_4\text{Cl} \rightarrow \text{NH}_4^+ + \text{Cl}^-$
 (2) あ 7 い 4 う 2 え 7 (3) 加水分解 (4) 10

14. 問1 ア CH_3COO^- イ CH_3COOH 問2 4.6 問3 4.3

15. 問1 ア 吸熱 イ 右 ウ 大きく エ 左 問2 フェノールフタレイン

理由: 中和点では酢酸ナトリウム水溶液になり、弱塩基性を示すので、変色域が変色域が塩基性側にある指示薬が適切である。 問3 A $[\text{H}^+][\text{OH}^-]$

B $\frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$ C $\frac{c\alpha^2}{1-\alpha}$ D $c\alpha^2$ E $\sqrt{cK_a}$

問4 a 1.0 b 1.5 c 0.18 d 0.67 e 0.18

16. 問1 A ホールピペット B ビュレット D メスフラスコ

問2 $1.02 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$ 問3 d 問4 a 理由: 中和点では生じた CH_3COONa の加水分解により弱塩基性を示すので、変色域が塩基性側にあるフェノールフタレインを選ぶ。 問5 $3.00 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$ 問6 2.5 問7 NaOH は空気に触れると H_2O や CO_2 を吸収して質量や濃度が変わるので、使用の直前に濃度を測定する必要がある。

17. 問1 2.88 問2 4.86 問3 4.66 問4 2.00 問5 少量の酸を加えても pH はほとんど変化しない。 問6 緩衝液

18. 問1 ア(正)酸 H_2O 塩基 CH_3COO^- (逆)酸 CH_3COOH 塩基 OH^- イ(正)酸 HSO_4^- 塩基 H_2O (逆)酸 H_3O^+ 塩基 SO_4^{2-} 問2 ウ ① エ ① オ ② カ 電離定数 キ $C\alpha$ ク $C(1-\alpha)$ ケ $\sqrt{CK_a}$ 問3 (1) 二酸化炭素 (2) う

(3) $3.92 \times 10^{-2} \%$

19. 問1 ア 同素体 イ 水 ウ 赤リン エ P_4O_{10} 問2 A 1.0×10 B 4.7 C 1.0×10 D 7.2 E 8.0×10^{-3} F 1.2×10^{-2} G 7.0 問3 (a) メチルオレンジ (b) 赤 (c) 黄

20. 問1 黄リン a, d, f 赤リン b, c, e 問2 N, K 問3 H_3PO_4 リン酸 H_2PO_4^- リン酸 2 水素イオン HPO_4^{2-} リン酸水素イオン PO_4^{3-} リン酸イオン 問4 1 価の酸 $\text{HNO}_3, \text{CH}_3\text{COOH}$ 2 価の酸 $\text{CO}_2, (\text{COOH})_2$

問5 $[\text{H}_3\text{PO}_4] = 3.7 \times 10^{-15} \text{ mol/L}$, $[\text{HPO}_4^{2-}] = 1.4 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$, $[\text{PO}_4^{3-}] = 2.8 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$

問6 pH7 : $[\text{HPO}_4^{2-}], [\text{H}_2\text{PO}_4^-], [\text{PO}_4^{3-}]$ pH9 : $[\text{PO}_4^{3-}], [\text{HPO}_4^{2-}], [\text{H}_2\text{PO}_4^-]$