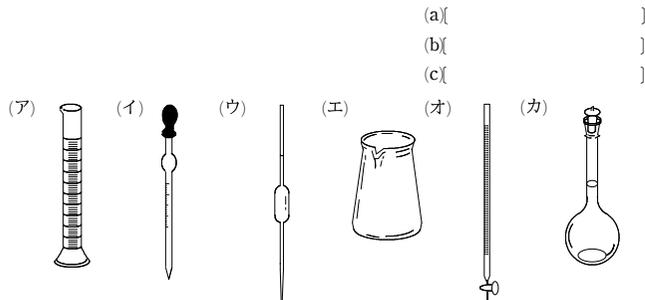


中2 甲陽化学 ～酸と塩基・中和滴定とその応用～

1

中和滴定に用いる器具について問いに答えよ。

- (1) 酢酸水溶液 A の濃度を知るため、その 10.0 mL を器具 (a) を用いてとり、器具 (b) に入れ、器具 (c) に入れた水酸化ナトリウム水溶液 B を滴下して中和滴定をしたい。器具 (a), (b), (c) を (ア)～(カ) から選べ。また器具の名称も答えよ。



- (2) 器具 (a), (b), (c) が水でぬれている場合、どのように使用したらよいか。次より選べ。 (a) [ ] (b) [ ] (c) [ ]
- (ア) 熱風を当ててよく乾かしてから使用する。  
 (イ) 少量の A で数回すすいでから、ぬれたまま使用する。  
 (ウ) 少量の A で数回すすいでから、熱風を当ててよく乾かしてから使用する。  
 (エ) 少量の B で数回すすいでから、ぬれたまま使用する。  
 (オ) 少量の B で数回すすいでから、熱風を当ててよく乾かしてから使用する。  
 (カ) 水でぬれたまま使用する。

2

シュウ酸二水和物  $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$  の結晶 1.89 g を水に溶かして (a) 250 mL の溶液にした。このシュウ酸水溶液 (b) 10.0 mL をとり、水酸化ナトリウム水溶液を (c) 滴下したところ、中和までに 12.5 mL 必要であった。H=1.0, C=12, O=16

- (1) シュウ酸水溶液の濃度は何 mol/L か。 [ ] mol/L
- (2) 下線部 (a), (b), (c) の操作に用いる器具 (ア) (イ) (ウ) の名称を記せ。 (a) [ ] (b) [ ] (c) [ ]
- (3) 操作 (c) で用いる器具の目盛りの読み方としては、(ア)～(ウ) のどれが正しいか。 [ ]
- (4) シュウ酸と水酸化ナトリウムの中和反応の化学反応式を記せ。 [ ]
- (5) 水酸化ナトリウム水溶液の濃度は何 mol/L か。 [ ] mol/L

3

ある濃度のアンモニア水 100 mL に 0.50 mol/L の硫酸 100 mL を加えたところ、溶液は酸性になった。この過剰の硫酸を 1.0 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液で中和するのに 50 mL が必要であった。最初のアンモニア水の濃度は何 mol/L か。 [ ] mol/L

4

1.0 mol/L の酢酸水溶液 15.0 mL に、2.0 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 12.0 mL を加えた。この混合溶液中の水酸化ナトリウムを中和するには、0.60 mol/L の硫酸が何 mL 必要か。 [ ] mL

5

ある食品 17.5 mg に含まれている窒素をすべてアンモニアとして発生させ、そのすべてを 0.025 mol/L の硫酸 15.0 mL に吸収させた。この溶液を 0.050 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液で滴定したところ、13.0 mL が必要であった。H=1.0, N=14

(1) 硫酸に吸収されたアンモニアは何 mg か。 [ ] mg

(2) この食品 100 g に含まれる窒素は何 g か。 [ ] g

6

食酢を水で正確に 5 倍に薄めた溶液 (A 液とする) を 10.0 mL とり、0.120 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液で中和滴定したところ、12.5 mL 必要であった。食酢の密度は 1.02 g/cm<sup>3</sup> (g/mL) で、食酢中に含まれる酸は酢酸のみとする。H=1.0, C=12, O=16

(1) A 液の酢酸の濃度は何 mol/L か。 [ ] mol/L

(2) 食酢中の酢酸の濃度は何 % か。 [ ] %

7

少量の塩化ナトリウムを含む水酸化ナトリウム 5.0 g を、水に溶かして 200 mL にした。このうち 10.0 mL をとり、0.50 mol/L の塩酸で中和したところ、12.0 mL が必要であった。この水酸化ナトリウムの純度は何 % か。H=1.0, O=16, Na=23 [ ] %

8

次の文の [ ] に適当な数値、記号、語句を入れよ。

(1) 純粋な水は、わずかではあるが  $H^+$  と  $OH^-$  とに電離している。このとき  $H^+$  のモル濃度  $[H^+]$  と  $OH^-$  のモル濃度  $[OH^-]$  は等しく、25 °C では  $10^{-7}$  mol/L である。 $[H^+]$  が  $10^{-8}$  mol/L のとき、 $pH = n$  というので、純粋な水の pH は  $n$  である。

(2) 酸の水溶液では、 $[H^+]$  は純粋な水より大きいので pH  $^{a}$  [ c ] であり、0.10 mol/L の塩酸の pH は  $^{b}$  となる。また、塩基の水溶液では  $[OH^-]$  が純粋な水より大きく、 $[H^+]$  は純粋な水より小さいため、pH  $^{c}$  [ c ] となる。

(3) 純粋な水、中性の水溶液、酸や塩基の水溶液、いずれにおいても、 $[H^+]$  と  $[OH^-]$  の間には次の関係式が成り立つ。

$$K_w = [H^+] \times [OH^-] = 1.0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{L}^2 \quad (25 \text{ }^\circ\text{C})$$

この  $K_w$  を  $^{a}$  [ ] という。これを利用すると、塩基の水溶液の  $[OH^-]$  の値から、 $[H^+]$  や pH の値を計算で求めることができる。例えば、0.010 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液では、 $[OH^-] = ^{b}$  [ ] mol/L、 $[H^+] = ^{c}$  [ ] mol/L、 $pH = ^{d}$  [ ] である。

9

- 次の問いに答えよ。ただし、 $[H^+] \times [OH^-] = 1.0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{L}^2$  とする。
- (1)  $pH = 2$  の塩酸の  $[H^+]$  は、 $pH = 5$  の塩酸の  $[H^+]$  の何倍か。 [ ] 倍
- (2)  $pH = 1$  の塩酸を水で 100 倍に薄めた溶液の pH はいくらか。 [ ]
- (3)  $pH = 6$  の塩酸を水で 100 倍に薄めた溶液のおよその pH はいくらか。 [ ]
- (4)  $pH = 1$  の塩酸 1.0 L を水で薄めて  $pH = 3$  の塩酸とすると、必要な水は何 L か。 [ ] L
- (5) 0.040 mol/L の酢酸水溶液の pH は 3 である。このときの酢酸の電離度はいくらか。 [ ]
- (6)  $pH = 13$  の水酸化ナトリウム水溶液を水で 100 倍に薄めた溶液の pH はいくらか。 [ ]
- (7)  $2.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$  の硫酸 (電離度 1.0 とする) の  $[OH^-]$  はいくらか。 [ ] mol/L

10

- 次の (a)～(c) の水溶液を pH の小さい順に並べよ。 [ ]
- (a) 0.01 mol/L の酢酸水溶液 (電離度 0.04)
- (b)  $pH = 2$  の塩酸を水で 10 倍に薄めた水溶液
- (c) 0.01 mol/L の塩酸 10 mL と 0.005 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 10 mL の混合溶液 (混合の前後で水溶液の体積の総和は変わらない。)

11

0.125 mol/L の硫酸 100 mL と 0.150 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 150 mL を混ぜ合わせた溶液の pH を求めよ。混合の前後で水溶液の体積の総和は変わらないものとする。 [ ]

12

- 次の問いに答えよ。ただし、 $[H^+] \times [OH^-] = 1.0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{L}^2$  の関係があるものとする。
- (1) 0.30 mol/L の塩酸 1.0 L と 0.10 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 1.0 L の混合溶液の水素イオン濃度を求めよ。 [ ] mol/L
- (2) 濃度未知の水酸化ナトリウム水溶液 20 mL と、0.050 mol/L の硫酸 100 mL の混合溶液の pH は 2.0 であった。この水酸化ナトリウム水溶液の濃度は何 mol/L か。 [ ] mol/L
- (3) 0.20 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 500 mL に塩化水素 0.050 mol を吸収させた水溶液の水素イオン濃度を求めよ。 [ ] mol/L

13

- 次の記述は正しいか、誤りか。H=1.0, O=16
- (1) 純粋な水では、水の電離度は  $1 \times 10^{-7}$  で、pH は 7 である。 [ ]
- (2)  $pH = 3$  の塩酸を純粋な水で 10 万倍に薄めると、pH は 8 になる。 [ ]
- (3)  $pH = 1$  の塩酸と  $pH = 3$  の塩酸を同体積混合して得られる塩酸の pH は 2 である。 [ ]

中2 甲陽化学 ～酸と塩基・中和滴定とその応用～

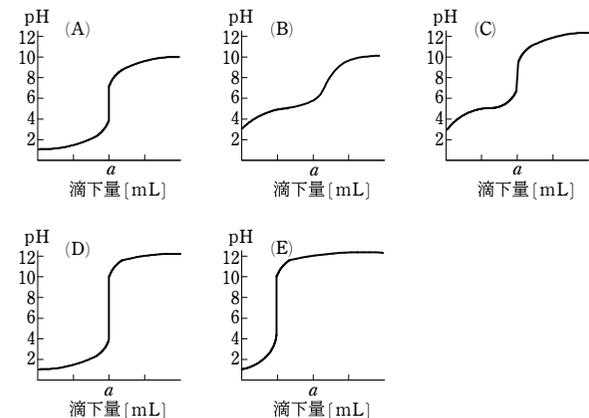
14

次の濃度と pH についての問いに答えよ。

- (1) 濃度  $1.0 \times 10^{-3}$  mol/L の酢酸水溶液中の酢酸の電離度は 0.15 である。この酢酸水溶液の pH としては、次のどれが適当か。 [ ]  
 (ア) 1.8 (イ) 2.8 (ウ) 3.8 (エ) 4.8 (オ) 5.8 (カ) 6.8
- (2) 酢酸水溶液 10.0 mL を 0.40 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液で滴定したところ、2.5 mL を必要とした。滴定前の酢酸水溶液の pH はいくらか。ただし、酢酸の電離度を 0.010 とする。 [ ]

15

次の図 (A)～(E) は、0.1 mol/L の酸の水溶液  $a$  [mL] に 0.1 mol/L の塩基の水溶液を加えていったときの滴定曲線である。これらの図に該当する酸と塩基の組合せを [I] 欄から指示薬の用い方として正しいものを [II] 欄からそれぞれ選べ。



- [I] (ア) HCl-NH<sub>3</sub> (イ) HCl-NaOH (ウ) CH<sub>3</sub>COOH-NH<sub>3</sub>  
 (エ) H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>-NaOH (オ) HCl-Ba(OH)<sub>2</sub> (カ) CH<sub>3</sub>COOH-NaOH

- [II] (a) メチルオレンジ (b) フェノールフタレイン  
 (c) メチルオレンジまたはフェノールフタレインのいずれでもよい  
 (d) メチルオレンジもフェノールフタレインもともに使えない

[I] (A) [ ] (B) [ ] (C) [ ] (D) [ ] (E) [ ]  
 [II] (A) [ ] (B) [ ] (C) [ ] (D) [ ] (E) [ ]

16

次の問いに答えよ。

- (1) 次の文の [ ] に適当な語句、イオン名を入れよ。

同じ濃度の酢酸水溶液と水酸化ナトリウム水溶液を同量混合すると、過不足なく反応し、酢酸ナトリウムの水溶液になる。このとき、過不足なく中和されているにもかかわらず、この水溶液の pH は中性を表す 7 とはならず、7 よりも  $^a$  [ ] 値となり、水溶液は  $^b$  [ ] 性を示す。これは、酢酸ナトリウム水溶液中の  $^c$  [ ] は水とは反応しないが、 $^d$  [ ] の一部が水と反応

し、 $^e$  [ ] が生じるためである。このような反応を、塩の  $^f$  [ ] という。

[ ] により、強酸と弱塩基からなる塩の水溶液は  $^g$  [ ] 性を示し、弱酸と強塩基からなる塩の水溶液は  $^h$  [ ] 性を示す。また、強酸と強塩基からなる正塩は [ ] を起こさないで、その水溶液は  $^i$  [ ] 性を示す。

- (2) (1) の文の下線部の反応をイオン反応式で示せ。 [ ]

- (3) 次の物質のうち、水溶液が酸性を示すのはどれか。 [ ]

(ア) Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (イ) NaHSO<sub>4</sub> (ウ) KHCO<sub>3</sub> (エ) KNO<sub>3</sub> (オ) NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>

17

次の塩のうち、水溶液が酸性を示すものを、塩基性を示すものをそれぞれすべて選べ。

(ア) NaHCO<sub>3</sub> (イ) NaNO<sub>3</sub> (ウ) K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (エ) NaHSO<sub>4</sub>

(オ) CH<sub>3</sub>COONa (カ) NH<sub>4</sub>Cl

18

次の (a)～(e) の記号をつけた化合物について、下の (1)～(6) の問いに答えよ。

- (a) 硫酸ナトリウム (b) 酢酸ナトリウム (c) 硫酸水素ナトリウム  
 (d) 塩化アンモニウム (e) 炭酸水素ナトリウム

- (1) (a)～(e) の化合物の化学式をそれぞれ記せ。

(a) [ ] (b) [ ] (c) [ ]  
 (d) [ ] (e) [ ]

- (2) 正塩をすべて記号で記せ。 [ ]

- (3) 酸性塩をすべて記号で記せ。 [ ]

- (4) 水溶液が中性を示す化合物をすべて記号で記せ。 [ ]

- (5) 水溶液が酸性を示す化合物をすべて記号で記せ。 [ ]

- (6) 水溶液が塩基性を示す化合物をすべて記号で記せ。 [ ]

19

10.0 % の水酸化ナトリウム水溶液を 36.5 % の塩酸でちょうど中和したとき、得られる塩化ナトリウム水溶液の質量パーセント濃度は何 % か。H=1.0, O=16, Na=23, Cl=35.5 [ ] %

20

$x$  [mol/L] の塩酸 50.0 mL を中和するのに、 $y$  [mol/L] の水酸化ナトリウム水溶液 37.5 mL を要した。

また、 $x$  [mol/L] の塩酸 1.00 L に、 $y$  [mol/L] の水酸化ナトリウム水溶液 0.500 L を加えた混合溶液から、塩化ナトリウムが 11.7 g 得られた。

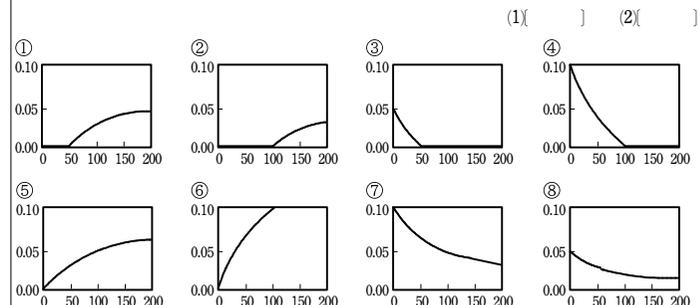
必要であれば、HCl=36.5, NaCl=58.5 を用いて、塩酸と水酸化ナトリウム水溶液のモル濃度 [mol/L] をそれぞれ求めよ。

塩酸 [ ] mol/L 水酸化ナトリウム水溶液 [ ] mol/L

21

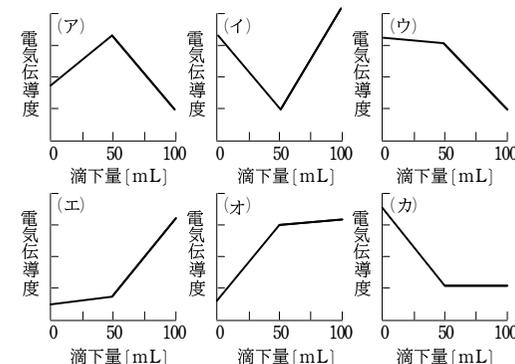
0.05 mol/L の硫酸 100 mL に、0.10 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液を滴下してい

たとき、その滴下量に対する (1) OH<sup>-</sup> と (2) Na<sup>+</sup> のモル濃度の変化を示すグラフを、①～⑧ から一つずつ選べ。ただし、縦軸は各イオンのモル濃度 (mol/L) を、横軸は水酸化ナトリウム水溶液の滴下量 (mL) を示す。



22

0.05 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 100 mL を容器に入れ、電気伝導度測定用白金電極を浸して固定し、かくはんしながら (a) 0.1 mol/L の塩酸 (b) 0.1 mol/L の酢酸水溶液を徐々に加えて電気伝導度を測定した。



この間、溶液の温度は 25 °C に保った。

電気伝導度の変化を酸の滴下量 [mL] に対して示すと、どのようなグラフになるか、それぞれ図から最も近いものを選び、その理由を 150 字以内で述べよ。ただし、水溶液の電気伝導度はイオンの濃度に比例し、H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>、OH<sup>-</sup> は Na<sup>+</sup>、Cl<sup>-</sup>、CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup> より大きな電気伝導度をもつことが知られている。

(a) [ ] , [ ]  
 (b) [ ] , [ ]

中2 甲陽化学 ～酸と塩基・中和滴定とその応用～

23

- 次の問いに答えよ。
- (1) 0.10 mol/L の塩酸と 0.10 mol/L の硫酸を合計 35 mL とり、0.10 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液で中和したところ、45 mL を要した。最初にとった塩酸、硫酸はそれぞれ何 mL か。塩酸 [ ] mL 硫酸 [ ] mL
- (2) 水酸化ナトリウムと水酸化カリウムの混合物が 2.32 g ある。これを水に溶かし、1.00 mol/L の塩酸で中和するのに 50.0 mL が必要であった。混合物中に水酸化ナトリウムは何 g 含まれていたか。NaOH=40.0, KOH=56.0 [ ] g

24

水酸化ナトリウムと炭酸ナトリウムを含む水溶液がある。この水溶液をフェノールフタレインを指示薬として 0.10 mol/L の塩酸で滴定したところ、20.0 mL で変色した。続いて、この水溶液にメチルオレンジを指示薬として加え、同じ塩酸で滴定したところ、5.0 mL で変色した。最初の水溶液中の水酸化ナトリウムと炭酸ナトリウムの物質量を求めよ。H=1.0, C=12, O=16, Na=23

水酸化ナトリウム [ ] mol, 炭酸ナトリウム [ ] mol

25

- 濃度  $x$  [mol/L] の炭酸ナトリウム水溶液 25 mL を、フェノールフタレインを指示薬として 0.10 mol/L の塩酸で滴定したところ、 $y$  [mL] で (a) 溶液の色が変わった。これにメチルオレンジを加えてさらに滴定を続けたところ、(b) 溶液の色が変わるまでに要した塩酸の量は、最初から通算して 30 mL であった。
- (1) この滴定の反応の化学反応式を記せ。  
[ ]  
[ ]
- (2) 下線部 (a), (b) の溶液の色の変化を、「赤色 → 青色」のように記せ。  
(a) [ ] (b) [ ]
- (3) 記述中の  $x$ ,  $y$  の値を求めよ。  $x=[ ]$ ,  $y=[ ]$

26

炭酸ナトリウムと炭酸水素ナトリウムの混合溶液 200 mL から 10.0 mL をとり、フェノールフタレインを指示薬として 1.00 mol/L の塩酸を続けて滴下したところ、第 1 中和点 (pH=8.3) までに 4.00 mL が必要であった。さらにメチルオレンジを指示薬として塩酸を滴下したところ、第 1 中和点から第 2 中和点 (pH=3.6) までに 6.00 mL の塩酸が必要であり、第 2 中和点近くから泡が発生した。

最初の混合溶液 200 mL に含まれていた炭酸水素ナトリウムの質量 [g] と、塩酸滴下時に発生した気体の標準状態での体積 [mL] を求めよ。H=1.0, C=12, O=16, Na=23

炭酸水素ナトリウム [ ] g 気体の体積 [ ] mL

27

- 1.0 km<sup>2</sup> の土地で、2000 台の自動車がそれぞれ 4.0 L のガソリンを燃焼させた。ガソリン 1.0 L の質量は 0.75 kg、硫黄の含有率 (質量パーセント濃度) は 0.0080 % とする。この硫黄のすべてが大気中で硫酸に変化して降水量 1.0 mm の小雨に溶け込み、この面積に降ったとする。また、希薄な水溶液中では、硫酸は完全に電離しているものとする。
- (1) 生成した硫酸の物質量 [mol] を求めよ。S=32 [ ] mol

(2) この雨の水素イオン濃度を求めよ。 [ ]

28

- 27℃, 1.013×10<sup>5</sup> Pa の乾燥空気 5.00 L と、0.00500 mol/L の水酸化バリウム水溶液 100 mL を容器に入れて密封し、よく振ったところ白色に濁った。しばらく放置した後、溶液をろ過し、ろ液 20.0 mL を 0.0100 mol/L の塩酸で滴定したところ、16.96 mL 必要であった。
- (1) 下線部の反応の化学反応式を記せ。 [ ]
- (2) 乾燥空気 5.00 L に含まれていた二酸化炭素の体積百分率 [%] はいくらか。ただし、27℃, 1.013×10<sup>5</sup> Pa の気体 1 mol の体積を 24.6 L とする。 [ ] %

29

- 閉めきった部屋の空気中の二酸化炭素の濃度を調べるために、次の実験を行った。
- <操作 1> 操作 2 で使用する濃度未知の水酸化バリウム水溶液 10 mL を 0.10 mol/L 塩酸で中和滴定すると 16 mL を要した。
- <操作 2> ある室内の空気 2.0 L (0℃, 1.0×10<sup>5</sup> Pa) を密閉容器に採取し、操作 1 で用いたものと同じ濃度の水酸化バリウム水溶液 50 mL をこの容器に入れて、容器をよく振り混ぜて完全に反応させた。このとき、試料中には二酸化炭素以外に水酸化バリウムと反応する物質はないものとする。
- <操作 3> 十分時間が経過した後、上澄み液 25 mL を取り、0.10 mol/L 塩酸で中和するのに 38 mL を要した。
- (1) <操作 2> の水酸化バリウム水溶液と空気が振り混ぜられたときに起こる反応で、<操作 3> の上澄み液に塩酸を加えたときに起こる反応で、水とともに生成する物質の名称をそれぞれ答えよ。  
<操作 2> [ ] <操作 3> [ ]
- (2) <操作 1> より、この実験で用いた水酸化バリウム水溶液のモル濃度は何 mol/L か。 [ ] mol/L
- (3) <操作 2> で水酸化バリウムと反応した二酸化炭素は何 mol か。 [ ] mol
- (4) この試料中に含まれる二酸化炭素の体積パーセントはいくらか。 [ ] %

中2 甲陽化学 ～酸と塩基・中和滴定とその応用～

1

**解答** (1) (a) ウ, ホールピペット (b) エ, コニカルビーカー(または三角フラスコ)  
(c) オ, ビュレット  
(2) (a) イ (b) カ (c) エ

**解説** 器具の内部が水にぬれていると、溶液の濃度や溶質の量が変わるので、それが不適当な場合は共洗いが必要である。すでに正確に溶質の量が計り取られている場合は、ぬれたまま用いてよい。

ホールピペット, ビュレットは、それに入れる溶液で共洗いして用いる。メスフラスコ, コニカルビーカーは、純水でぬれたまま用いてよい。

2

**解答** (1) 0.0600 mol/L  
(2) (a) メスフラスコ (b) ホールピペット (c) ビュレット  
(3) イ (4)  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$   
(5) 0.0960 mol/L

**解説** シュウ酸は容易に純粋な状態で得られ、安定に保存できるので、酸の標準液をつくるのに用いられる。中和滴定には、高い精度の体積をはかることができるように工夫された器具を用いるので、正確な濃度を求めることができる。メスシリンダーや駒込ビペットなどは精度が低く、中和滴定には用いない。

(1)  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  の式量は 126。シュウ酸の物質量は  $\frac{1.89}{126} = 0.0150$  (mol)

$$\text{濃度は } \frac{0.0150}{0.250} = 0.0600 \text{ (mol/L)}$$

(2) 滴定に用いる器具

一定濃度の試薬の調製 …… メスフラスコ

一定体積の溶液の採取 …… ホールピペット

溶液の滴下量の測定 …… ビュレット

(3) 器壁に接する部分の水面は盛り上がっているため、水面の底部の目盛りを読む。逆に水銀などは器壁に接する部分が引き下げられているので、液面の最上部の目盛りを読む。

(5) シュウ酸は二価の酸であるから、中和の公式

$$ac \times \frac{v}{1000} = bc' \times \frac{v'}{1000} \text{ より } 2 \times 0.0600 \times \frac{10.0}{1000} = 1 \times x \times \frac{12.5}{1000}$$

$$x = 0.0960 \text{ (mol/L)}$$

**参考** 水酸化ナトリウム水溶液の正確な濃度は、このようにシュウ酸のような標準液を中和滴定しなければ求められない。

**補足** シュウ酸を水溶液から再結晶すると、結晶に水が含まれてくる。このようなことは硫酸銅(II)や炭酸ナトリウムなどのイオン化合物にも見られる。このときの水は、分子やイオンに結合し、分子やイオンと共に規則正しく配列して、水和水とよばれている。溶質 1 mol に対する水和水の量は決まっています、その数をつけて結晶の名称をいう。

$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  シュウ酸二水和物

$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  硫酸銅(II)五水和物

$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  炭酸ナトリウム十水和物

(1) で、シュウ酸二水和物 1 mol 中にはシュウ酸 1 mol が含まれるので、シュウ酸二水和物の物質量を求めると、それがシュウ酸の物質量を表すことになる。

3

**解答** 0.50 mol/L

**解説** 酸または塩基を 2 種類用いたときも、酸の出す  $\text{H}^+$  と塩基の出す  $\text{OH}^-$  の物質量は同じである。よって、酸の (価数×物質量) の総和 = 塩基の (価数×物質量) の総和が成り立つ。



アンモニア水の濃度を  $x$  [mol/L] とすると、中和の関係  $ac \times \frac{v}{1000} = bc' \times \frac{v'}{1000}$

より

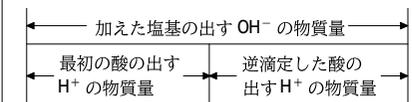
$$1 \times x \times \frac{100}{1000} + 1 \times 1.0 \times \frac{50}{1000} = 2 \times 0.50 \times \frac{100}{1000}$$

$$x = 0.50 \text{ (mol/L)}$$

4

**解答** 7.5 mL

**解説** 逆滴定の原理は、次のように表される。



ゆえに、酸の (価数×物質量) の総和 = 塩基の (価数×物質量) の総和 が成り立つ。

溶質の物質量は、溶液のモル濃度と溶液の体積の積で求められるから、逆滴定の原理より

$$\begin{array}{ccc} \text{酢酸の出す } \text{H}^+ & \text{硫酸の出す } \text{H}^+ & \text{NaOH の出す } \text{OH}^- \\ \parallel & \parallel & \parallel \\ 1 \times 1.0 \times \frac{15.0}{1000} + 2 \times 0.60 \times \frac{x}{1000} = 1 \times 2.0 \times \frac{12.0}{1000} & & x = 7.5 \text{ (mL)} \end{array}$$

逆滴定の原理  
酸の (価数×物質量) の総和 = 塩基の (価数×物質量) の総和

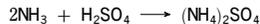
5

**解答** (1) 1.7 mg (2) 8.0 g

**解説**  $\text{NH}_3$  の物質量は逆滴定の原理より求める。

酸の (価数×物質量) の総和 = 塩基の (価数×物質量) の総和

(1) 起こった反応は



発生した  $\text{NH}_3$  を  $x$  [mol] とすると、逆滴定の原理より

$$2 \times 0.025 \times \frac{15.0}{1000} = 1 \times x + 1 \times 0.050 \times \frac{13.0}{1000}$$

$$x = 1.0 \times 10^{-4} \text{ (mol)}$$

$$\text{NH}_3 \text{ の質量} = 17 \times 1.0 \times 10^{-4} = 1.7 \times 10^{-3} \text{ (g)} = 1.7 \text{ (mg)}$$

(2) (1) の  $\text{NH}_3$  中の N 原子の質量は

$$1.7 \times \frac{\text{N}}{\text{NH}_3} = 1.7 \times \frac{14}{17} = 1.4 \text{ (mg)}$$

この食品中の窒素の割合は  $\frac{1.4}{17.5}$  であるから、食品 100 g 中の窒素は

$$100 \times \frac{1.4}{17.5} = 8.0 \text{ (g)}$$

逆滴定の原理  
酸の (価数×物質量) の総和 = 塩基の (価数×物質量) の総和

6

**解答** (1) 0.150 mol/L (2) 4.4 %

**解説** 食酢をそのまま滴定に用いると、濃度が濃く誤差が生じやすい。食酢中の酢酸の量を求めるときは 5 倍または 10 倍に希釈して滴定することが多く、得られた濃度を 5 倍または 10 倍して元の酢酸の濃度を求める。中和滴定ではモル濃度が求められるから、 $c$  [mol/L] 水溶液は 1 L = 1000 ×  $d$  [g] の中に  $M \times c$  [g] の溶質を含むことより質量 % 濃度に換算する ( $d$ : 密度 g/cm<sup>3</sup>,  $M$ : モル質量)。なお、1 cm<sup>3</sup> = 1 mL であるから、1 g/cm<sup>3</sup> は 1 g/mL と同じである。

(1) 中和の反応式は



$$ac \times \frac{v}{1000} = bc' \times \frac{v'}{1000} \text{ より } 1 \times x \times \frac{10.0}{1000} = 1 \times 0.120 \times \frac{12.5}{1000}$$

$$x = 0.150 \text{ (mol/L)}$$

(2) 食酢は A 液の 5 倍の濃度で 0.750 mol/L、食酢 1000 mL あたりで考えると、その質量は 1000 × 1.02 g。溶質は  $\text{CH}_3\text{COOH}$  (分子量 60) 0.750 mol であるから 60 × 0.750 g。

$$\text{質量 \% 濃度} = \frac{\text{溶質の質量}}{\text{溶液の質量}} \times 100 = \frac{60 \times 0.750}{1000 \times 1.02} \times 100 \approx 4.4 \text{ (\%)}$$

7

**解答** 96 %

**解説** 純度は不純物を含む水酸化ナトリウム中の水酸化ナトリウムの割合であるから、純度を  $x$  [%] とすると、水酸化ナトリウムの質量は 0.050 $x$  [g] となる。この量について、中和の量的関係を適用する。

$\text{NaCl}$  は  $\text{HCl}$  と反応しないので、 $\text{NaOH}$  と  $\text{HCl}$  の中和だけ考えればよい。 $\text{NaOH}$  の純度を  $x$  [%] とすると、5.0 g 中の  $\text{NaOH}$  は

$$5.0 \times \frac{x}{100} \text{ [g]} = 0.050x \text{ [g]} \text{ よって、その物質量は } \frac{0.050x}{40} \text{ [mol]}$$

200 mL の溶液のうち 10.0 mL を用いたから、中和の関係より

$$1 \times \frac{0.050x}{40} \times \frac{10.0}{200} = 1 \times 0.50 \times \frac{12.0}{1000}$$

$$x = 96 \text{ \%}$$

8

**解答** (a)  $1.0 \times 10^{-7}$  (b)  $1 \times 10^{-n}$  (c) 7 (d) < (e) 1 (f) >  
(g) 水のイオン積 (h)  $1.0 \times 10^{-2}$  (i)  $1.0 \times 10^{-12}$  (j) 12

**解説** 純粋な水は、わずかではあるが電離している。 $\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^-$

このとき、 $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-7}$  mol/L。このような小さな値は扱うのに不便であるから mol/L で表すのではなく pH を用いる。

$[\text{H}^+] = 1 \times 10^{-n}$  mol/L のとき  $\text{pH} = n$  で、中性では  $[\text{H}^+] = 1 \times 10^{-7}$  mol/L、 $\text{pH} = 7$

酸の水溶液は  $\text{H}^+$  を多く含むため、 $[\text{H}^+] > 1 \times 10^{-7}$  mol/L、 $\text{pH} < 7$  で、酸性が強いほど pH は小さい。このとき  $\text{OH}^-$  は中性のときより減っていて、

中2 甲陽化学 ～酸と塩基・中和滴定とその応用～

$[\text{OH}^-] < 1 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$  となる。

塩基の水溶液は  $\text{OH}^-$  を多く含むため、 $[\text{OH}^-] > 1 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$ 。このとき  $\text{H}^+$  は中性のときより減っていて  $[\text{H}^+] < 1 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$ 、 $\text{pH} > 7$  である。塩基性(アルカリ性)が強いほど  $\text{H}^+$  は少なく、 $\text{pH}$  は大きい。

$\text{pH}$  の値は 10 の指数から求められるので、 $\text{pH}$  が 1 大きいと  $[\text{H}^+]$  は 1/10, 2 大きいと  $[\text{H}^+]$  は 1/100,  $\text{pH}$  が 1 小さいと  $[\text{H}^+]$  は 10 倍,  $\text{pH}$  が 2 小さいと  $[\text{H}^+]$  は 100 倍である。

(3)  $\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{OH}^-$  と電離するので、

$$[\text{OH}^-] = 0.010 \text{ mol/L} = 1.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$$

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

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

$$[\text{H}^+] = 1.0 \times 10^{-12} \text{ mol/L} \quad \text{pH} = 12$$

9

解答 (1) 1000 倍 (2) 3 (3) 7 (4) 99 L (5) 0.025 (6) 11  
(7)  $2.5 \times 10^{-13} \text{ mol/L}$

解説 (1)  $\text{pH} = 2$  のとき、 $[\text{H}^+] = 1 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$

$$\text{pH} = 5 \text{ のとき、} [\text{H}^+] = 1 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$$

$$\frac{1 \times 10^{-2} \text{ mol/L}}{1 \times 10^{-5} \text{ mol/L}} = 1 \times 10^3 \text{ (倍)}$$

(2)  $\text{pH} = 1$  のとき、 $[\text{H}^+] = 1 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$ 。これを 100 倍に薄めるから、

$$1 \times 10^{-1} \text{ mol/L} \times \frac{1}{100} = 1 \times 10^{-3} \text{ mol/L} \quad \text{pH} = 3$$

(3) 水溶液を薄めていくと、 $\text{pH} = 7$  に近づく。薄めることによって、酸性溶液が塩基性溶液になったり、塩基性溶液が酸性溶液になったりすることはない。水溶液を薄めていくと、水の電離による  $\text{H}^+$  や  $\text{OH}^-$  が無視できなくなる。

(4)  $\text{pH} = 1$  を  $\text{pH} = 3$  とするためには、100 倍に薄める必要がある。したがって、1.0 L の水溶液を 100 L にするために必要な水は、100 L - 1.0 L = 99 L である。

(5)  $\text{pH} = 3$  より、 $[\text{H}^+] = 1 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ 。電離度を  $\alpha$  とすると、

$$\frac{1 \times 0.040 \text{ mol/L} \times \alpha}{\text{価数} \quad \text{濃度} \quad \text{電離度} \quad [\text{H}^+]} = 1.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L} \quad \alpha = 0.025$$

(6)  $\text{pH} = 13$  のとき、 $[\text{H}^+] = 1 \times 10^{-13} \text{ mol/L}$ 。

$$[\text{H}^+] \times [\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-13} \text{ mol/L} \times [\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{L}^2$$

$$[\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$$

これを 100 倍に薄めると、 $[\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$

$$[\text{H}^+] \times [\text{OH}^-] = [\text{H}^+] \times 1 \times 10^{-3} \text{ mol/L} = 1.0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{L}^2$$

$$[\text{H}^+] = 1.0 \times 10^{-11} \text{ mol/L} \quad \text{pH} = 11$$

(7)  $[\text{H}^+] = 2 \times 2.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L} \times 1 = 4.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$

$$\frac{\text{価数} \quad \text{濃度} \quad \text{電離度}}{[\text{H}^+] \times [\text{OH}^-]} = 4.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L} \times [\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{L}^2$$

$$[\text{H}^+] \times [\text{OH}^-] = 4.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L} \times [\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{L}^2$$

$$[\text{OH}^-] = 2.5 \times 10^{-13} \text{ mol/L}$$

10

解答 (c) < (b) < (a)

解説  $[\text{H}^+]$  が大きいと  $\text{pH}$  は小さい。中性 ( $\text{pH} = 7$ ) よりも塩基性の方が  $\text{pH}$  は大きい。

(a)  $[\text{H}^+] = a\alpha = 1 \times 0.01 \times 0.04 = 4 \times 10^{-4} \text{ (mol/L)}$   $\text{pH} = 4$

(b)  $\text{HCl}$  は一価の強酸であるから、 $[\text{HCl}] = [\text{H}^+]$

$$\text{pH} = 2 \Rightarrow [\text{H}^+] = 1 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$$

$$10 \text{ 倍に薄める} \Rightarrow [\text{H}^+] = 1 \times 10^{-3} \text{ mol/L} \quad \text{pH} = 3$$

$$(c) [\text{H}^+] = \frac{acv - bc'v'}{v + v'} = \frac{1 \times 0.01 \times 10 - 1 \times 0.005 \times 10}{10 + 10}$$

$$= \frac{0.05}{20} = 2.5 \times 10^{-3} \text{ (mol/L)} \quad \text{pH} \text{ は } 3 \text{ より小さい}$$

11

解答  $\text{pH} = 2$

解説 まず、 $\text{H}_2\text{SO}_4$  から生じる  $\text{H}^+$  の物質量と、 $\text{NaOH}$  から生じる  $\text{OH}^-$  の物質量を別々に求め、差し引きにより中和後に残る  $\text{H}^+$  または  $\text{OH}^-$  の物質量を計算する。その後、溶液全体の体積から  $\text{H}^+$  のモル濃度  $[\text{H}^+]$  または  $\text{OH}^-$  のモル濃度  $[\text{OH}^-]$  を求め、さらに  $\text{pH}$  を求める。

$$\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ から生じる } \text{H}^+ = \frac{2}{\text{価数}} \times \frac{0.125 \text{ mol/L} \times \frac{100}{1000} \text{ L}}{\text{濃度} \quad \text{体積}} = 2.50 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

$$\text{NaOH} \text{ から生じる } \text{OH}^- = \frac{1}{\text{価数}} \times \frac{0.150 \text{ mol/L} \times \frac{150}{1000} \text{ L}}{\text{濃度} \quad \text{体積}} = 2.25 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

つまり、混合溶液中には  $\text{H}^+$  が残ることがわかり、その量は、

$$2.50 \times 10^{-2} \text{ mol} - 2.25 \times 10^{-2} \text{ mol} = 0.25 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

また、混合溶液の体積は、100 mL + 150 mL = 250 mL (= 0.250 L) となる。

したがって、混合溶液中の  $[\text{H}^+]$  と  $\text{pH}$  は、

$$[\text{H}^+] = \frac{0.25 \times 10^{-2} \text{ mol}}{0.250 \text{ L}} = 1.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L} \quad \text{pH} = 2$$

12

解答 (1) 0.10 mol/L (2) 0.44 mol/L (3)  $1.0 \times 10^{-13} \text{ mol/L}$

解説 (1)  $\text{HCl}$  は一価の強酸であるから、 $\text{HCl}$  から生じる  $\text{H}^+$  は、  
 $1 \times 0.30 \text{ mol/L} \times 1.0 \text{ L} = 0.30 \text{ mol}$

$\text{NaOH}$  は一価の強塩基であるから、 $\text{NaOH}$  から生じる  $\text{OH}^-$  は、

$$1 \times 0.10 \text{ mol/L} \times 1.0 \text{ L} = 0.10 \text{ mol}$$

よって、混合溶液は酸が過剰であるから、

$$[\text{H}^+] = \frac{0.30 \text{ mol} - 0.10 \text{ mol}}{2.0 \text{ L}} = 0.10 \text{ mol/L}$$

(2)  $\text{NaOH}$  水溶液の濃度を  $x$  (mol/L) とすると、生じる  $\text{OH}^-$  は、

$$1 \times x \text{ (mol/L)} \times \frac{20}{1000} \text{ L}$$

$\text{H}_2\text{SO}_4$  から生じる  $\text{H}^+$  は、

$$2 \times 0.050 \text{ mol/L} \times \frac{100}{1000} \text{ L} = 1.0 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

混合溶液の体積は 120 mL (= 0.12 L) で、 $\text{pH} = 2.0$  より  $\text{H}^+$  が過剰であることがわかる。

$$\text{よって、} [\text{H}^+] = \frac{1.0 \times 10^{-2} \text{ mol} - 1 \times x \text{ (mol/L)} \times \frac{20}{1000} \text{ L}}{0.12 \text{ L}} = 1.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$$

$$x = 0.44 \text{ mol/L}$$

(3)  $\text{HCl}$  から生じる  $\text{H}^+$  は 0.050 mol。  $\text{NaOH}$  から生じる  $\text{OH}^-$  は、

$$1 \times 0.20 \text{ mol/L} \times \frac{500}{1000} \text{ L} = 0.10 \text{ mol}$$

よって、混合溶液は塩基が過剰であるから、

$$[\text{OH}^-] = \frac{0.10 \text{ mol} - 0.050 \text{ mol}}{0.50 \text{ L}} = 0.10 \text{ mol/L}$$

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

$$[\text{H}^+] = \frac{K_w}{[\text{OH}^-]} = \frac{1.0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{L}^2}{0.10 \text{ mol/L}} = 1.0 \times 10^{-13} \text{ mol/L}$$

13

解答 (1) 誤り (2) 誤り (3) 誤り

解説 純粋な水は、ごくわずかに電離しており、 $[\text{H}^+] = 1.0 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$  である。電離した水は少ないから、水 1 L のうち  $1.0 \times 10^{-7} \text{ mol}$  の水が電離したと考えてよい。

水 1 L は何 mol かを考えよ。酸や塩基の水溶液中でも水は電離し、 $\text{H}^+$  と  $\text{OH}^-$  が同量生じているので、酸の水溶液では必ず  $[\text{H}^+] > [\text{OH}^-]$  である。また  $\text{pH}$  は水素イオン濃度の指数をとり、符号を変えたものであるから、 $\text{pH} = a$  と  $b$  の液を同量混合した溶液の  $\text{pH}$  は  $\frac{a+b}{2}$  にはならないことに注意する。

(1) 誤り。純粋な水の水素イオン濃度は  $1.0 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$  であるから、水 1 L のうち  $1.0 \times 10^{-7} \text{ mol}$  が電離していることになる。電離度 = 電離した溶質の物質量 / 全溶質の物質量 である。

水 1 L の物質量は 1 L = 1000 g =  $\frac{1000}{18} \text{ mol}$  であるから、

$$\text{電離度} = \frac{1.0 \times 10^{-7}}{\frac{1000}{18}} = 18 \times 10^{-10} = 1.8 \times 10^{-9} \text{ である。}$$

(2) 誤り。  $\text{pH} = 3$  より  $[\text{H}^+] = 1 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$

$\text{HCl}$  の濃度は  $1 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ 。これを 10 万倍に薄めると

$$\frac{1 \times 10^{-3}}{10^5} = 1 \times 10^{-8} \text{ (mol/L)} \quad [\text{H}^+] = 1 \times 10^{-8} \text{ mol/L になる。}$$

これを  $\text{pH} = 8$  とするのは誤りである。酸や塩基の水溶液中でも水はわずかに電離して同量の  $\text{H}^+$  と  $\text{OH}^-$  を生じているから、必ず  $[\text{H}^+] > [\text{OH}^-]$  となり、酸性を示すので、 $\text{pH} = 8$  (塩基性) になることはない。

酸の水溶液は薄めても酸性であり、塩基性になることはない。

(3) 誤り。  $\text{pH} = 1$   $[\text{H}^+] = [\text{HCl}] = 1 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$

$$\text{pH} = 3 \quad [\text{H}^+] = [\text{HCl}] = 1 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

2 液を  $v$  (L) ずつ混合すると

$$[\text{HCl}] = [\text{H}^+] = \frac{1 \times 10^{-1} \times v + 1 \times 10^{-3} \times v}{2v} = 5.05 \times 10^{-2} \text{ (mol/L)}$$

よって  $\text{pH}$  は 1 と 2 の間となる。

発展  $\text{pH} = -\log_{10}[\text{H}^+] = -\log_{10}(5.05 \times 10^{-2}) = -\log_{10} 5.05 - \log_{10} 10^{-2} = 2 - 0.70 = 1.30$

14

解答 (1) ウ (2) 3

解説  $[\text{H}^+] = a\alpha$  (mol/L)

$$[\text{H}^+] = 1 \times 10^{-a} \text{ mol/L のとき } \text{pH} = a$$

$$1 \times 10^{-a} \text{ mol/L} > [\text{H}^+] > 1 \times 10^{-b} \text{ mol/L のとき } a < \text{pH} < b$$

## 中2 甲陽化学 ～酸と塩基・中和滴定とその応用～

(1)  $[H^+] = a\alpha = 1 \times 1.0 \times 10^{-3} \times 0.15 = 1.5 \times 10^{-4} \text{ (mol/L)}$

この値は  $1 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$  と  $1 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$  の間の値であり、 $[H^+] = 1 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$  のときは  $\text{pH} = 3$ 、 $[H^+] = 1 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$  のときは  $\text{pH} = 4$  であるから、 $[H^+] = 1.5 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$  の  $\text{pH}$  の値は 3 と 4 の間の値である。

(2)  $\text{pH}$  は  $[H^+]$  より求められ、 $[H^+] = a\alpha \text{ (mol/L)}$  であるから、滴定前の酢酸水溶液のモル濃度  $x \text{ (mol/L)}$  を知ればよい。

中和の公式より

$$1 \times x \times \frac{10.0}{1000} = 1 \times 0.40 \times \frac{2.50}{1000} \quad x = 0.10 \text{ (mol/L)}$$

$$[H^+] = a\alpha = 1 \times 0.10 \times 0.010 = 1.0 \times 10^{-3} \text{ (mol/L)}$$

よって  $\text{pH} = 3$

15

解答 [I] (A) ア (B) ウ (C) カ (D) イ (E) オ

[II] (A) a (B) d (C) b (D) c (E) c

解説 中和滴定曲線は、酸・塩基の強弱により特徴ある形をとる。強酸に強塩基を加える

場合は、中和点での鉛直部は酸性～塩基性に長く伸びているが、強酸に弱塩基を加える場合は、鉛直部は酸性側だけであり、弱酸に強塩基を加える場合は塩基性側だけである。弱酸に弱塩基を加える場合は、鉛直部はなく、全体的に横に寝ている。また一方が一価で他方が二価のときは、鉛直部が2箇所ある階段状になる。

指示薬は、鉛直部に変色域があるものを選ぶ。ほんの少量の滴下量の変化により  $\text{pH}$  が大きく変わり、色が変わるからである。

[I] 中和点(当量点)の前で、強酸または強塩基が微量過剰のとき、 $\text{pH}$  は大きく変化し滴定曲線は鉛直になる。一方、弱酸または弱塩基が微量過剰のときは、 $\text{pH}$  の変化は小さく、滴定曲線は横になる。

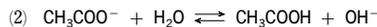
(A)では、中和点の手前(酸性側、 $\text{pH}$  が7より小さいところ)で滴定曲線が鉛直で、 $\text{pH}$  変化が大きく、中和点の後(塩基性側)で曲線は横になり、 $\text{pH}$  変化が小さいので、強酸と弱塩基の滴定とわかる。(B)では、中和点の前後とも曲線が横になっているから、弱酸に弱塩基の滴定。(C)では中和点の手前で曲線が横になり、 $\text{pH}$  変化が小さく、塩基性側( $\text{pH}$  が7より大きいところ)で曲線が鉛直で、 $\text{pH}$  変化が大きいため(A)と逆、弱酸に強塩基の滴定。(D)では、 $\text{pH}$  変化が7の前後とも大きく、強酸に強塩基の滴定、とわかる。(E)では、酸の水溶液  $a \text{ [mL]}$  に対して  $\frac{1}{2}$  の量の塩基の水溶液で中和点に達しているから、一価の強酸と二価の強塩基の中和である(オ)とわかる。

なお、(A)～(D)とも中和に必要な塩基の量が酸の量と同じであるから酸と塩基の価数は同じであり、(エ)、(オ)は該当しない。

[II] フェノールフタレインの変色域は  $\text{pH} 8.0 \sim 9.8$  (塩基性側)なので、弱酸と強塩基の滴定に適している。メチルオレンジの変色域は、 $\text{pH} 3.1 \sim 4.4$  で、強酸と弱塩基の滴定に適している。強酸と強塩基では中和点付近の  $\text{pH}$  の変化量が大きいので、どちらの指示薬も使える。一方、弱酸と弱塩基の場合は、中和点前後の  $\text{pH}$  の変化が小さく、指示薬の色の変化が鋭敏でないため、指示薬の色の変化により中和点を求めることは困難である。

16

解答 (1) (a) 大きな (b) 塩基 (c) ナトリウムイオン (d) 酢酸イオン  
(e) 水酸化物イオン (f) 加水分解 (g) 酸 (h) 塩基 (i) 中



(3) イ、オ

解説 電離度の小さな弱酸に由来する陰イオンや弱塩基に由来する陽イオンは、一部が水と反応してもとの酸や塩基に戻り、 $\text{OH}^-$  や  $\text{H}^+$  を生じる。この反応を塩の加水分解という。したがって、塩を構成する酸や塩基に弱酸や弱塩基が含まれている場合には、正塩であっても水溶液が中性とはならない。

(3) (ア) 強酸と強塩基からなる正塩で、加水分解は起こらない。

(イ) 強酸と強塩基からなる酸性塩で、水溶液は酸性である。

(ウ) 弱酸と強塩基からなる酸性塩で、弱酸に由来する炭酸水素イオンの加水分解が起こり、水溶液は塩基性を示す。

(エ) 強酸と強塩基からなる正塩で、加水分解は起こらない。

(オ) 強酸と弱塩基からなる正塩で、弱塩基に由来するアンモニウムイオンの加水分解が起こり、水溶液は酸性を示す。

17

解答 酸性：エ、カ 塩基性：ア、オ

解説 塩の水溶液の性質は次のようになる。

< 塩の水溶液の性質 >

強酸と強塩基からなる正塩 …… 中性

強酸と弱塩基からなる塩 …… 酸性

強酸と強塩基からなる酸性塩 …… 酸性

弱酸と強塩基からなる塩 …… 塩基性

(ア) 弱酸  $\text{H}_2\text{CO}_3$  と強塩基  $\text{NaOH}$  の塩で塩基性(アルカリ性)

(イ) 強酸  $\text{HNO}_3$  と強塩基  $\text{NaOH}$  の塩(正塩)で中性

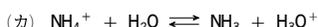
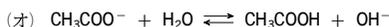
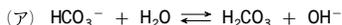
(ウ) 強酸  $\text{H}_2\text{SO}_4$  と強塩基  $\text{KOH}$  の塩(正塩)で中性

(エ) 強酸  $\text{H}_2\text{SO}_4$  と強塩基  $\text{NaOH}$  の塩で、酸性塩( $\text{H}$ が残っている)であるから、酸性  
 $\text{NaHSO}_4 \rightarrow \text{Na}^+ + \text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$

(オ) 弱酸  $\text{CH}_3\text{COOH}$  と強塩基  $\text{NaOH}$  の塩で塩基性(アルカリ性)

(カ) 強酸  $\text{HCl}$  と弱塩基  $\text{NH}_3$  の塩で酸性

参考 弱酸が  $\text{H}^+$  を失って生じた陰イオンは  $\text{H}_2\text{O}$  から  $\text{H}^+$  を奪って  $\text{OH}^-$  を生じ、弱塩基から生じた陽イオンは  $\text{H}_2\text{O}$  に  $\text{H}^+$  を与えて  $\text{H}_3\text{O}^+$  を生じるが、強酸から生じた陰イオン、強塩基から生じた陽イオンはこのような反応をしない。



このような変化を塩の加水分解という。

(エ)  $\text{HSO}_4^-$  は強酸から生じたイオンで、まだ  $\text{H}$  をもっているため電離して水中に  $\text{H}^+$  を出す。  $\text{HSO}_4^- \rightarrow \text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$

$\text{HCO}_3^-$  も  $\text{H}$  が残っているが、 $\text{H}_2\text{CO}_3$  は弱酸なので  $\text{HCO}_3^- \rightarrow \text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-}$  とは電離せず、(ア)のように反応する。

18

解答 (1) (a)  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  (b)  $\text{CH}_3\text{COONa}$  (c)  $\text{NaHSO}_4$  (d)  $\text{NH}_4\text{Cl}$

(e)  $\text{NaHCO}_3$

(2) a, b, d (3) c, e (4) a (5) c, d (6) b, e

解説 (2), (3) 塩の組成式中に、酸の  $\text{H}$  も塩基の  $\text{OH}$  も残っていない塩を正塩、酸の  $\text{H}$

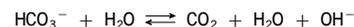
が残っている塩を酸性塩、塩基の  $\text{OH}$  が残っている塩を塩基性塩という。

$\text{NH}_4\text{Cl}$  は組成式中に  $\text{H}$  があるが、 $\text{NH}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl}$  のように、酸の  $\text{H}^+$  はすでに中和して残っていないので、正塩である。

(4)～(6) 正塩の水溶液の液性は、その塩を構成する酸と塩基の強弱によって決まる。(弱酸もしくは弱塩基由来のイオンが加水分解して、塩基性もしくは酸性を示す。)

	強酸	弱酸
強塩基	中性	塩基性
弱塩基	酸性	—

酸性塩の水溶液では、 $\text{NaHSO}_4$  のように強酸と強塩基から生じた酸性塩は、未反応で残っている酸の  $\text{H}^+$  が電離して酸性を示す。一方、 $\text{NaHCO}_3$  は弱酸と強塩基から生じた酸性塩であり、 $\text{HCO}_3^-$  が加水分解して塩基性を示す。



19

解答 11.7 %

解説 水溶液、溶質の量をグラム単位で表したのち物質質量単位に換算して生成量を計算し、再び質量 % 濃度に換算する。



$\text{NaOH}$  水溶液  $a \text{ [g]}$  と  $\text{HCl}$  水溶液  $b \text{ [g]}$  が反応したとすると、生じる  $\text{NaCl}$  水溶液は  $(a + b) \text{ [g]}$ 。

$$\text{NaOH は } 0.100a \text{ [g]} = \frac{0.100}{40} a \text{ [mol]} = 0.00250a \text{ [mol]}$$

$$\text{HCl は } 0.365b \text{ [g]} = \frac{0.365}{36.5} b \text{ [mol]} = 0.0100b \text{ [mol]}$$

中和の関係より、 $\text{NaOH}$  と  $\text{HCl}$  の物質質量は同じであるから

$$0.00250a = 0.0100b \quad a = 4b$$

生じる  $\text{NaCl}$  も  $0.0100b (= 0.00250a) \text{ [mol]}$  であるから、質量は  $0.585b \text{ [g]}$ 。

よって、質量 % 濃度は

$$\frac{0.585b}{a + b} \times 100 = \frac{0.585b}{5b} \times 100 = 11.7 (\%)$$

20

解答 塩酸：0.300 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液：0.400 mol/L

解説 塩酸 50.0 mL と水酸化ナトリウム水溶液 37.5 mL が中和するので、塩酸 1.00 L を

ちょうど中和するのに必要な水酸化ナトリウム水溶液は、

$$\frac{37.5}{1000} \text{ L} \times \frac{1.00 \text{ L}}{50.0 \text{ L}} = 0.750 \text{ L}$$

したがって、塩酸 1.00 L に水酸化ナトリウム水溶液 0.500 L を加えた混合溶液では、水酸化ナトリウムがすべて反応し、未反応の塩酸が残っている。

生成した塩化ナトリウム 11.7 g の物質質量は、

$$\frac{11.7 \text{ g}}{58.5 \text{ g/mol}} = 0.200 \text{ mol}$$

これは、水酸化ナトリウム水溶液 0.500 L 中の水酸化ナトリウムの物質質量と同じである。

したがって、水酸化ナトリウム水溶液のモル濃度  $y \text{ [mol/L]}$  は、

$$y = \frac{0.200 \text{ mol}}{0.500 \text{ L}} = 0.400 \text{ mol/L}$$

## 中2 甲陽化学 ～酸と塩基・中和滴定とその応用～

塩酸のモル濃度  $x$  [mol/L] は、中和の関係式  $acV = bc'V'$  より、

$$1 \times x \text{ [mol/L]} \times \frac{50.0}{1000} \text{ L} = 1 \times 0.400 \text{ mol/L} \times \frac{37.5}{1000} \text{ L}$$

$$x = 0.300 \text{ mol/L}$$

21

【解答】 (1) ② (2) ⑤

【解説】 (1) ちょうど中和するために必要な NaOH 水溶液を  $V$  [mL] とすると、

$$ac \times \frac{V}{1000} = bc' \times \frac{V'}{1000} \text{ より、}$$

$$2 \times 0.05 \times \frac{100}{1000} = 1 \times 0.10 \times \frac{V}{1000} \quad V = 100 \text{ (mL)}$$

中和点前は、まだ  $\text{H}_2\text{SO}_4$  が残っていて水溶液が酸性なので、 $\text{OH}^-$  は、ほとんど存在しない。一方、中和点後は加えた NaOH がそのまま残るので、次第に  $\text{OH}^-$  が増加する。

(2) 初め  $\text{Na}^+$  は存在しないが、NaOH 水溶液を加えていくと、 $\text{Na}^+$  は反応せずにそのまま残り、加えた分だけ次第に増加する。NaOH 水溶液を 100 mL 加えたとき、 $\text{Na}^+$  の濃度は 0.05 mol/L である。

22

【解答】 (a) イ [理由] 中和点までの反応は  $\text{NaOH} + \text{HCl} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$

このとき失われる  $\text{OH}^-$  と増加する  $\text{Cl}^-$  は同量であるが、 $\text{OH}^-$  の方が  $\text{Cl}^-$  より電気伝導度が大きいので、溶液の電気伝導度は次第に減少する。中和点以降は  $\text{Cl}^-$  と電気伝導度の大きい  $\text{H}_3\text{O}^+$  が増加するため、溶液の電気伝導度は次第に増加する。

(b) カ [理由] 中和点までの反応は



このとき失われる  $\text{OH}^-$  と増加する  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  は同量であるが、 $\text{OH}^-$  のほうが電気伝導度が大きいので、溶液の電気伝導度は次第に減少する。中和点以降は  $\text{CH}_3\text{COOH}$  が増加するが、電離度が小さいためイオンの増加は少なく、溶液の電気伝導度はほとんど変わらない。

【解説】 物質中を電気が流れるのは、電気を帯びた粒子、すなわち電子やイオンが流れるときである。ふつう電子は原子核の回りに固定されているので、電子の移動により電気が流れるのは金属の場合だけである。イオンからなる物質でも、固体ではイオンは一定の位置にあり移動しないので電気が流れない。水溶液や融解した液体では、イオンはやや自由に動いているので、電圧をかけると陽イオンは陰極に向かい、陰イオンは陽極に向かって一斉に動き電気が流れる。よって、水溶液中のイオンの種類、多少を考えると、水溶液の電気伝導性がわかる。

23

【解答】 (1) 塩酸 25 mL, 硫酸 10 mL (2) 1.20 g

【解説】 酸・塩基を 2 種類以上用いて中和させたときも、酸の出す  $\text{H}^+$  の総物質量と塩基

の出す  $\text{OH}^-$  の総物質量は等しい。したがって、中和の関係は

$$\text{酸 (価数} \times \text{物質量) の総和} = \text{塩基 (価数} \times \text{物質量) の総和}$$

となる。

(1) 最初とった塩酸を  $x$  [mL] とすると、硫酸は  $(35 - x)$  [mL] になる。

$$\text{酸の出す } \text{H}^+ \text{ の総物質量} = \text{塩基の出す } \text{OH}^- \text{ の総物質量 より}$$

$$1 \times 0.10 \times \frac{x}{1000} + 2 \times 0.10 \times \frac{35 - x}{1000} = 1 \times 0.10 \times \frac{45}{1000} \quad x = 25 \text{ (mL)}$$

硫酸は  $35 - 25 = 10$  (mL)

(2) NaOH も KOH も一価の塩基であるから、NaOH を  $x$  [mol], KOH を  $y$  [mol] とすると、

$$\text{質量の関係より } 40.0x + 56.0y = 2.32 \quad \dots\dots \text{①}$$

$$\text{中和の関係より } 1 \times (x + y) = 1 \times 1.00 \times \frac{50.0}{1000} \quad \dots\dots \text{②}$$

$$\text{①, ② より } x = 3.00 \times 10^{-2} \text{ (mol)}$$

$$40.0 \times 3.00 \times 10^{-2} = 1.20 \text{ (g)}$$

【別解】 NaOH を  $a$  [g], KOH を  $b$  [g] とおくと、

$$\text{質量の関係より } a + b = 2.32 \quad \dots\dots \text{①}$$

$$\text{中和の関係より } 1 \times \left( \frac{a}{40.0} + \frac{b}{56.0} \right) = 1 \times 1.00 \times \frac{50.0}{1000} \quad \dots\dots \text{②}$$

$$\text{①, ② より } a = 1.20 \text{ (g)}$$

【参考】 以上のように未知数を物質質量単位、グラム単位のどちらで表しても解答できるが、ふつうは物質質量単位で表す方が式が簡単になる。

混合物の中和の関係

$$\text{酸の (価数} \times \text{物質量) の総和} = \text{塩基の (価数} \times \text{物質量) の総和}$$

24

【解答】 水酸化ナトリウム： $1.5 \times 10^{-3}$  mol

炭酸ナトリウム： $5.0 \times 10^{-4}$  mol

【解説】 (i) フェノールフタレイン

(変色域 (無8.0～9.8 (赤)) を指示薬

とし、水溶液が赤色から無色に

なるまでの第一段階の反応は



NaHCO<sub>3</sub> の塩基性 (アルカリ性) は弱く、フェノールフタレインはほとんど呈色しない (メチルオレンジは黄色)。最初からメチルオレンジを用いると、第二段階の反応まで進んだ段階でしか変色しない。

(ii) 続いてメチルオレンジ (変色域 (赤) 3.1～4.4 (黄)) を指示薬とするときの反応は、 $\text{NaHCO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$  溶液は黄色 → 赤色になる。

水溶液中の NaOH を  $x$  [mol], Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> を  $y$  [mol] とすると、最初の滴定について、NaOH と Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> の物質量の和 = HCl の物質量 であるから、

$$x \text{ [mol]} + y \text{ [mol]} = 0.10 \times \frac{20.0}{1000} = 2.0 \times 10^{-3} \text{ (mol)} \quad \dots\dots \text{①}$$

第二段階の滴定について、NaHCO<sub>3</sub> の物質量 = HCl の物質量。NaHCO<sub>3</sub> の物質量は Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> と同じであるから

$$y \text{ [mol]} = 0.10 \times \frac{5.0}{1000} = 5.0 \times 10^{-4} \text{ (mol)}$$

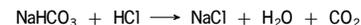
よって、①より  $x = 1.5 \times 10^{-3}$  mol

NaOH： $1.5 \times 10^{-3}$  mol

Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>： $5.0 \times 10^{-4}$  mol

25

【解答】 (1)  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{NaHCO}_3 + \text{NaCl}$



(2) (a) 赤色 → 無色 (b) 黄色 → 赤色

(3)  $x = 0.060$ ,  $y = 15$

【解説】 炭酸ナトリウムの炭酸イオンのように 1 個のイオンが 2 個の水素イオンと反応できるとき、滴定曲線を見ると水素イオン 1 個と反応したところで pH の急な変化が起こり、2 個目の水素イオンと反応したところで、再び pH の急な変化が起こる。これを二段階中和といい、適当な指示薬を用いると別々に滴定できる。

(1), (2) NaHCO<sub>3</sub> の水溶液の塩基性は弱く (pH 8.3)、フェノールフタレインではほとんど呈色しない。したがって、フェノールフタレインを指示薬として Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 水溶液に塩酸を滴下すると、NaHCO<sub>3</sub> になったところで溶液は無色になる。

一方メチルオレンジの変色域は酸性側にあるので、メチルオレンジを指示薬として加えると、滴定はさらに続行でき、NaHCO<sub>3</sub> が NaCl (と H<sub>2</sub>O と CO<sub>2</sub>) になったところで溶液は変色する。

(3) 最初の Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> と第一段階の反応で生じる NaHCO<sub>3</sub> の物質量は等しいので、第一段階と第二段階での塩酸の滴下量は同じである。よって  $2y = 30$   $y = 15$  (mL) Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> と HCl の物質量は等しいから

$$x \times \frac{25}{1000} = 0.10 \times \frac{15}{1000} \quad x = 0.060 \text{ (mol/L)}$$

26

【解答】 炭酸水素ナトリウム 3.4 g 気体の体積 134 mL

【解説】 NaHCO<sub>3</sub> はフェノールフタレインで呈色しないので、第 1 中和点までは Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>

が NaHCO<sub>3</sub> になる反応である。

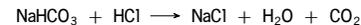
これにメチルオレンジを加えると黄色になるので、さらに中和が進み、第 2 中和点では NaCl (+CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O) になる。

pH 8.3 (弱塩基性) で中和点を示す指示薬は、フェノールフタレイン (変色域 (無) 8.0～9.8 (赤)) で、第 1 中和点までの反応は



pH 3.6 (弱酸性) で中和点を示す指示薬はメチルオレンジ (変色域 (赤) 3.1～4.4 (黄))

で、第 1 中和点～第 2 中和点の反応は



混合溶液 10.0 mL 中の Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> を  $x$  [mol], NaHCO<sub>3</sub> を  $y$  [mol] とすると、第 1 中和点までの中和について

$$x = 1.00 \times \frac{4.00}{1000} = 4.00 \times 10^{-3} \text{ (mol)}$$

Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>  $x$  [mol] から生じる NaHCO<sub>3</sub> は  $x$  [mol] であるから、第 1 中和点～第 2 中和点の中和について

$$x + y = 1.00 \times \frac{6.00}{1000} = 6.00 \times 10^{-3}$$

$$y = 6.00 \times 10^{-3} - 4.00 \times 10^{-3} = 2.00 \times 10^{-3} \text{ (mol)}$$

もとの溶液 200 mL 中の NaHCO<sub>3</sub> は  $2.00 \times 10^{-3} \times \frac{200}{10.0} = 4.00 \times 10^{-2}$  (mol)

よって、炭酸水素ナトリウムの質量は  $84 \times 4.00 \times 10^{-2} = 3.36 \approx 3.4$  (g)

発生する CO<sub>2</sub> は  $6.00 \times 10^{-3}$  mol で  $22400 \times 6.00 \times 10^{-3} \approx 134$  (mL)

27

【解答】 (1) 15 mol (2)  $3.0 \times 10^{-5}$  mol/L

## 中2 甲陽化学 ～酸と塩基・中和滴定とその応用～

**解説**  $S \rightarrow SO_2 \rightarrow SO_3 \rightarrow H_2SO_4$  と変化するから、2000 台分のガソリン中の硫黄の物質量が硫酸の物質量となる。さらに  $1.0 \text{ km}^2 = (1000 \text{ m})^2 = 1.0 \times 10^6 \text{ m}^2$   $1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ L}$  より、雨の体積と  $H_2SO_4$  のモル濃度が求められる。

(1) 自動車 2000 台の排出する硫黄は

$$4.0 (\text{L}/\text{台}) \times 2000 (\text{台}) \times 0.75 (\text{kg}/\text{L}) \times \frac{0.0080}{100} = 0.480 (\text{kg}) = 480 (\text{g}) \text{ で}$$

$$\frac{480 \text{ g}}{32 \text{ g/mol}} = 15 \text{ mol}$$

硫黄 1 mol から硫酸 1 mol が生じるから、硫酸も 15 mol である。

(2)  $1.0 \text{ km}^2 = 1.0 \times 10^6 \text{ m}^2$ ,  $1.0 \text{ mm} = 1.0 \times 10^{-3} \text{ m}$ ,  $1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ L}$  であるから、降った雨の体積は  $1.0 \times 10^6 (\text{m}^2) \times 1.0 \times 10^{-3} (\text{m}) = 1.0 \times 10^3 (\text{m}^3) = 1.0 \times 10^6 (\text{L})$

よって硫酸のモル濃度は  $\frac{15 (\text{mol})}{1.0 \times 10^6 (\text{L})} = 1.5 \times 10^{-5} (\text{mol}/\text{L})$

硫酸  $H_2SO_4$  は二価の強酸であるから

$$[H^+] = 2 \times 1.5 \times 10^{-5} \times 1 = 3.0 \times 10^{-5} (\text{mol}/\text{L})$$

**参考**  $\text{pH} = -\log_{10}[H^+]$

$$= -\log_{10}(3.0 \times 10^{-5}) = 5 - \log_{10}3.0 = 5 - 0.48 \approx 4.5$$

空気中の  $CO_2$  の飽和した雨水の pH は 5.6 で、この問題の雨水のように、pH が 5.6 より小さい雨は、酸性雨とよばれている。

28

**解答** (1)  $Ba(OH)_2 + CO_2 \rightarrow BaCO_3 + H_2O$  (2) 0.037 %

**解説**  $CO_2$  は二価の酸として  $Ba(OH)_2$  と反応して  $BaCO_3$  を沈殿する。 $Ba(OH)_2$ ,  $CO_2$ ,  $HCl$  について逆滴定の原理を適用すると、空気中の  $CO_2$  の量が求まる。

(1)  $CO_2$  は酸性酸化物で、二価の酸として強塩基の  $Ba(OH)_2$  と中和反応をする。

(2) 炭酸は弱酸なので、 $BaCO_3$  は強酸の塩酸と反応する。



したがって、過剰の  $Ba(OH)_2$  を滴定するには  $BaCO_3$  をろ過して除かねばならない。滴定に用いた塩酸はろ液 20.0 mL についてのものであるから、ろ液全体の中和に必要な量は  $16.96 \times \frac{100}{20.0}$  mL。乾燥空気に含まれていた  $CO_2$  を  $x$  [mol] とすると、

逆滴定の原理より

$$2x + 1 \times 0.0100 \times 16.96 \times \frac{100}{20.0} \times 10^{-3} = 2 \times 0.00500 \times \frac{100}{1000}$$

$$x = 7.6 \times 10^{-5} (\text{mol})$$

1 mol の気体は 27 °C,  $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$  で 24.6 L であるから、 $24.6 \times 7.6 \times 10^{-5} \text{ L}$  の  $CO_2$  が乾燥空気 5.00 L に含まれていたことになる。

よって、その体積百分率は

$$\frac{24.6 \times 7.6 \times 10^{-5}}{5.00} \times 100 \approx 0.037 (\%)$$

29

**解答** (1) <操作 2> 炭酸バリウム <操作 3> 塩化バリウム

(2)  $8.0 \times 10^{-2} \text{ mol}/\text{L}$  (3)  $2.0 \times 10^{-4} \text{ mol}$  (4) 0.22 %

**解説** (1) <操作 2>  $Ba(OH)_2 + CO_2 \rightarrow BaCO_3 + H_2O$

<操作 3>  $Ba(OH)_2 + 2HCl \rightarrow BaCl_2 + 2H_2O$

(2)  $Ba(OH)_2$  水溶液のモル濃度を  $x$  [mol/L] とすると、

$$ac \times \frac{V}{1000} = bc' \times \frac{V'}{1000} \text{ より、}$$

$$1 \times 0.10 \times \frac{16}{1000} = 2 \times x \times \frac{10}{1000} \quad x = 8.0 \times 10^{-2} (\text{mol}/\text{L})$$

(3) 空気に含まれる  $CO_2$  は水に溶け、炭酸  $H_2CO_3$  になると考えると、二価の酸としてはたらく。ちょうど中和したとき、(酸から生じる  $H^+$  の物質量) = (塩基から生じる  $OH^-$  の物質量) が成り立つので、<操作 2> で  $Ba(OH)_2$  と反応した  $CO_2$  を  $n$  [mol] とすると、

$$2n + 1 \times 0.10 \times \frac{38}{1000} \times \frac{50}{25} = 2 \times 8.0 \times 10^{-2} \times \frac{50}{1000}$$

$$n = 2.0 \times 10^{-4} (\text{mol})$$

(4)  $\frac{2.0 \times 10^{-4} \times 22.4 (\text{L})}{2.0 (\text{L})} \times 100 \approx 0.22 (\%)$