

# 化学基礎・化学

[問題 1] 次の文章を読み、以下の設問 1～7 中の空欄 (1) ～ (11) にあてはまる適切な選択肢を、対応する解答欄にマークしなさい。

下に、周期表の第 4 周期までの概略図を示した。図中の A～I は、それぞれ線で囲まれた領域を示しており、領域 A と領域 B、領域 C と領域 D、領域 H、および領域 I に含まれる元素は、それぞれ同族元素（周期表の同じ族に属している元素）である。

領域 B はアルカリ金属元素であり、アルカリ金属は（ア）が大きいので（イ）が強く、イオン化傾向は（ウ）が最も大きい。領域 H はハロゲン元素であり、通常ハロゲンの単体は（エ）剤として働き、（エ）作用の強さは（オ）の順である。そのため、臭化カリウム水溶液に塩素水を加えると、臭化物イオンは（カ）される。

| 周期 | 族 |   |   |  |  |  |   |  |   |   |
|----|---|---|---|--|--|--|---|--|---|---|
| 1  | A |   |   |  |  |  |   |  |   |   |
| 2  |   |   |   |  |  |  |   |  |   |   |
| 3  | B | C |   |  |  |  |   |  | G | H |
| 4  |   | D | E |  |  |  | F |  |   | I |

設問 1. 第 3 周期の領域 C の元素は (1) , 第 3 周期の領域 I の元素は (2) である。

- ① ケイ素                      ② アルゴン                      ③ カリウム                      ④ ベリリウム  
⑤ ナトリウム                      ⑥ ネオン                      ⑦ ヘリウム                      ⑧ マグネシウム

設問 2. 第 2 周期の領域 I の元素の原子と同じ電子配置をもつのは (3) と (4) である。

- ①  $\text{Cl}^-$                       ②  $\text{Br}^-$                       ③  $\text{Na}^+$                       ④  $\text{F}^-$   
⑤  $\text{K}^+$                       ⑥  $\text{Ca}^{2+}$                       ⑦  $\text{Li}^+$                       ⑧  $\text{I}^-$

設問 3. （ア）～（ウ）に入る語句およびアルカリ金属の組み合わせとして、最も適切なものは (5) である。

|   | （ア）          | （イ） | （ウ） |
|---|--------------|-----|-----|
| ① | 他の物質に電子を与える力 | 酸化力 | Li  |
| ② | 他の物質から電子を奪う力 | 酸化力 | K   |
| ③ | 他の物質に電子を与える力 | 還元力 | Li  |
| ④ | 他の物質から電子を奪う力 | 還元力 | K   |
| ⑤ | 他の物質に電子を与える力 | 酸化力 | K   |
| ⑥ | 他の物質から電子を奪う力 | 酸化力 | Li  |
| ⑦ | 他の物質に電子を与える力 | 還元力 | K   |
| ⑧ | 他の物質から電子を奪う力 | 還元力 | Li  |

設問 4. ( エ ) ～ ( カ ) に入る語句およびハロゲンの単体の組み合わせとして、最も適切なものは (6) である。

|   | ( エ ) | ( オ )               | ( カ ) |
|---|-------|---------------------|-------|
| ① | 酸化    | $F_2 > Cl_2 > Br_2$ | 酸化    |
| ② | 酸化    | $F_2 > Cl_2 > Br_2$ | 還元    |
| ③ | 酸化    | $Br_2 > Cl_2 > F_2$ | 酸化    |
| ④ | 酸化    | $Br_2 > Cl_2 > F_2$ | 還元    |
| ⑤ | 還元    | $F_2 > Cl_2 > Br_2$ | 酸化    |
| ⑥ | 還元    | $F_2 > Cl_2 > Br_2$ | 還元    |
| ⑦ | 還元    | $Br_2 > Cl_2 > F_2$ | 酸化    |
| ⑧ | 還元    | $Br_2 > Cl_2 > F_2$ | 還元    |

設問 5. 以下の記述のうち、適切なものは (7) と (8) である。

- ① 領域 C の元素は、非金属元素である。
- ② 領域 D の元素の原子は、2 価の陰イオンになりやすい。
- ③ 領域 D の元素は、領域 G の元素よりも陰性が高い。
- ④ 領域 E または領域 F の元素からなる単体は、電気や熱をよく導く。
- ⑤ 領域 F の元素を、一般に遷移元素という。
- ⑥ 領域 H の元素は、領域 C の元素よりも電気陰性度の値が高い。

設問 6. アルカリ金属の単体および化合物に関する記述として、最も適切なものは (9) である。

- ① ナトリウム Na は、水と激しく反応して、酸素が発生する。
- ② リチウム Li の炎色反応は、黄色である。
- ③ 過マンガン酸カリウム  $KMnO_4$  は、硫酸で酸性にした水溶液中で強い還元作用を示す。
- ④ 炭酸ナトリウム  $Na_2CO_3$  の工業的製法として、アンモニアソーダ法（ソルベー法）がある。

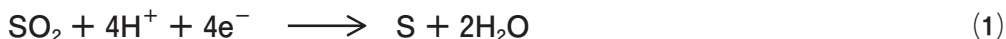
設問 7. ハロゲンの単体および化合物に関する記述として、適切なものは (10) と (11) である。

- ① フッ素  $F_2$  は、水と激しく反応して、酸素が発生する。
- ② 塩化水素 HCl は、塩化ナトリウムに濃硫酸を加えて加熱すると発生する。
- ③ 次亜塩素酸 HClO は、強い還元作用を示す。
- ④ フッ化銀  $AgF$  は水に溶けにくいですが、塩化銀  $AgCl$  は水に溶けやすい。

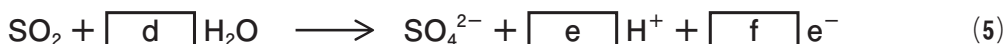
[問題2] 次の文章を読み、以下の設問1～6中の空欄 (12) ～ (24) にあてはまる適切な選択肢または数値を、対応する解答欄にマークしなさい。

酸化還元反応において、物質を構成する原子が電子を失ったとき、その原子は（ア）されたといい、物質を構成する原子が電子を受け取ったとき、その原子は（イ）されたという。原子やイオンがどの程度（ア）または（イ）されているかを判断するため、酸化数という数値がある。

二酸化硫黄は、反応する相手の物質によって酸化剤としても還元剤としても働く。例えば、二酸化硫黄が硫化水素と反応して、硫黄を与える反応の半反応式は、式(1)と式(2)のように書くことができる。式(1)に、式(2)を2倍して加えると、式(3)の化学反応式が得られる。この酸化還元反応において、二酸化硫黄は（ウ）、硫化水素は（エ）として働いている。



二酸化硫黄に、硫酸酸性の二クロム酸カリウムを加えると、二クロム酸イオン  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  は3価のクロムイオン  $\text{Cr}^{3+}$  になり、その半反応式は式(4)で表される。また、二酸化硫黄が硫酸イオン  $\text{SO}_4^{2-}$  になる反応の半反応式は、式(5)で表される。そのため、式(6)の化学反応式が得られる。この酸化還元反応において、二酸化硫黄は（オ）として働いている。



希硫酸で酸性にした 0.040 mol/L の二クロム酸カリウム水溶液 200 mL と過不足なく反応する二酸化硫黄の物質量は（カ）mol である。

設問 1. ( ア ) ～ ( オ ) に入る語句の組み合わせとして、最も適切なのは (12) である。

|   | ( ア ) | ( イ ) | ( ウ ) | ( エ ) | ( オ ) |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| ① | 酸化    | 還元    | 酸化剤   | 還元剤   | 酸化剤   |
| ② | 酸化    | 還元    | 酸化剤   | 還元剤   | 還元剤   |
| ③ | 酸化    | 還元    | 還元剤   | 酸化剤   | 酸化剤   |
| ④ | 酸化    | 還元    | 還元剤   | 酸化剤   | 還元剤   |
| ⑤ | 還元    | 酸化    | 酸化剤   | 還元剤   | 酸化剤   |
| ⑥ | 還元    | 酸化    | 酸化剤   | 還元剤   | 還元剤   |
| ⑦ | 還元    | 酸化    | 還元剤   | 酸化剤   | 酸化剤   |
| ⑧ | 還元    | 酸化    | 還元剤   | 酸化剤   | 還元剤   |

設問 2. 式(3)の二酸化硫黄の硫黄原子の酸化数は (13)，硫化水素の硫黄原子の酸化数は (14)，硫黄単体の硫黄原子の酸化数は (15) である。

- ①  $-4$                       ②  $-3$                       ③  $-2$                       ④  $-1$                       ⑤  $0$   
 ⑥  $+1$                       ⑦  $+2$                       ⑧  $+3$                       ⑨  $+4$

設問 3. 次の物質のうち、下線をつけた原子の酸化数が $-1$ となる物質は (16)，酸化数が $+6$ となる物質は (17) である。

- ①  $\underline{\text{N}}_2$                                       ②  $\text{K}\underline{\text{Mn}}\text{O}_4$                                       ③  $\text{H}_2\underline{\text{S}}\text{O}_4$   
 ④  $\text{H}\underline{\text{C}}\text{I}\text{O}_3$                                       ⑤  $\text{H}_2\underline{\text{O}}_2$                                       ⑥  $\text{H}\underline{\text{N}}\text{O}_3$

設問 4. a に入る数値は (18)，b に入る数値は (19)，c に入る数値は (20) である。ただし、係数が必要ない場合は、1 をマークしなさい。

設問 5. d に入る数値は (21)，e に入る数値は (22)，f に入る数値は (23) である。ただし、係数が必要ない場合は、1 をマークしなさい。

設問 6. ( カ ) に入る数値として、最も適切なのは (24) である。

- ①  $0.016$                       ②  $0.024$                       ③  $0.032$                       ④  $0.048$   
 ⑤  $0.16$                       ⑥  $0.24$                       ⑦  $0.32$                       ⑧  $0.48$

[問題3] 次の文章（Ⅰ）および（Ⅱ）を読み、以下の設問1～7中の空欄 (25) ～ (33) にあてはまる適切な選択肢または数値を、対応する解答欄にマークしなさい。ただし、原子量を  $H = 1.0$ ,  $C = 12$ ,  $N = 14$ , 気体定数を  $8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$  とし、液体の体積は無視できるものとする。

（Ⅰ）  $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ ,  $300 \text{ K}$  のもとで、(a)ある飽和炭化水素  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$  ( $n$  は、ある自然数) の気体  $1.2 \text{ g}$  の体積を測定したところ、 $1.0 \text{ L}$  であった。

次に、 $1.0 \text{ L}$  の真空容器に、この飽和炭化水素  $1.2 \text{ g}$  と窒素  $\text{N}_2$   $0.70 \text{ g}$  を入れて、 $300 \text{ K}$  に保った。このとき、容器内部の混合気体における飽和炭化水素のモル分率は（ア）であり、混合気体の全圧は（イ） $\text{Pa}$  となった。ただし、この飽和炭化水素は、上記の操作中、常に気体で存在しているものとする。

（Ⅱ）ピストンが備わった真空の密閉容器（図1）がある。この真空の容器に、液体のエタノール  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$   $0.100 \text{ mol}$  を入れて、容積が  $8.3 \text{ L}$  になるようにピストンを固定した後、温度を  $300 \text{ K}$  に保って放置すると、液体のエタノールの一部が蒸発したところで、見かけ上、蒸発が停止した。この状態では、単位時間あたりに蒸発する分子の数と（ウ）する分子の数が等しくなっており、この状態を（エ）という。

次に、ピストンの固定を解除して、温度を  $300 \text{ K}$  に保ったままピストンを引くと、容器の容積が（オ） $\text{L}$  になった時点で、エタノールがすべて蒸気になった。再び、容積が  $8.3 \text{ L}$  になるようにピストンを固定し、温度を変化させながら容器内部の圧力を測定したところ、 $310 \text{ K}$  における圧力は（カ） $\text{Pa}$ ,  $330 \text{ K}$  における圧力は（キ） $\text{Pa}$  となった。なお、エタノールの蒸気圧曲線を図2に示す。

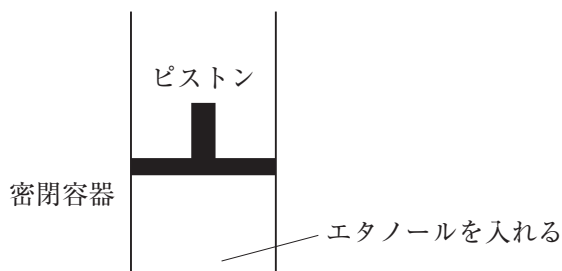


図1 ピストンが備わった密閉容器の模式図

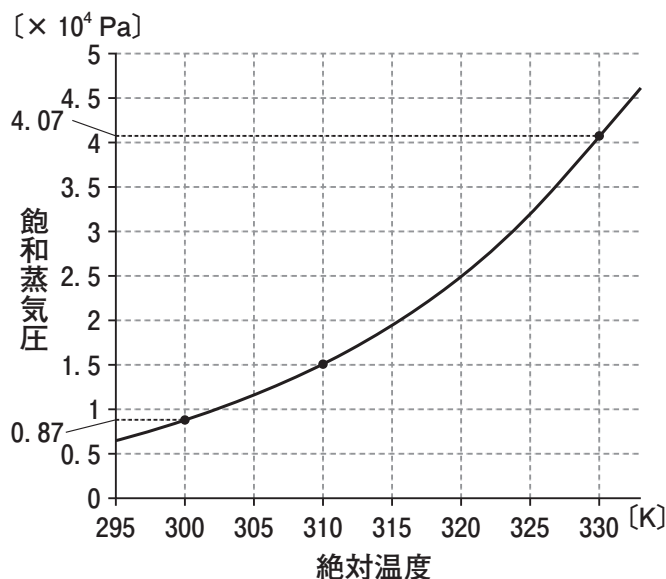


図2 エタノールの蒸気圧曲線

設問 1. 下線部(a)の飽和炭化水素の分子式として、最も適切なものは 25 である。

- ①  $\text{CH}_4$                       ②  $\text{C}_2\text{H}_6$                       ③  $\text{C}_3\text{H}_8$   
④  $\text{C}_4\text{H}_{10}$                       ⑤  $\text{C}_5\text{H}_{12}$                       ⑥  $\text{C}_6\text{H}_{14}$

設問 2. ( ア ) に入る数値として、最も適切なものは 26 である。

- ① 0.25      ② 0.38      ③ 0.50      ④ 0.62      ⑤ 0.75      ⑥ 0.88

設問 3. ( イ ) に入る数値として、最も適切なものは 27 である。

- ①  $1.2 \times 10^5$     ②  $1.4 \times 10^5$     ③  $1.6 \times 10^5$     ④  $1.8 \times 10^5$     ⑤  $2.0 \times 10^5$

設問 4. ( ウ ) および ( エ ) に入る語句の組み合わせとして、最も適切なものは 28 である。

|   | ( ウ ) | ( エ ) |
|---|-------|-------|
| ① | 凝析    | 電離平衡  |
| ② | 凝析    | 溶解平衡  |
| ③ | 凝析    | 気液平衡  |
| ④ | 凝縮    | 電離平衡  |
| ⑤ | 凝縮    | 溶解平衡  |
| ⑥ | 凝縮    | 気液平衡  |
| ⑦ | 凝固    | 電離平衡  |
| ⑧ | 凝固    | 溶解平衡  |
| ⑨ | 凝固    | 気液平衡  |

設問 5. ( オ ) に入る数値として、最も適切なものは 29 である。ただし、密閉容器はピストンが外れない程度の十分な大きさがあるものとする。

- ① 8.3              ② 10              ③ 17              ④ 29              ⑤ 40  
⑥ 56              ⑦ 68              ⑧ 72              ⑨ 83

設問 6. ( カ ) に入る数値は 30 . 31  $\times 10^4$  である。

設問 7. ( キ ) に入る数値は 32 . 33  $\times 10^4$  である。

[問題 4] 次の文章 (I) および (II) を読み、以下の設問 1 ～ 6 中の空欄 (34) ～ (41) にあてはまる適切な選択肢または数値を、対応する解答欄にマークしなさい。ただし、固体の水酸化ナトリウム NaOH の潮解性は無視できるものとし、式量は  $\text{NaOH} = 40.0$  とする。

(I) ある容器に入った水  $96.0 \text{ g}$  の温度を、攪拌しながら測定した (図 1)。測定開始から 1 分後に、(a) 固体の水酸化ナトリウム NaOH  $4.00 \text{ g}$  を加えると、液温に変化がみられた。

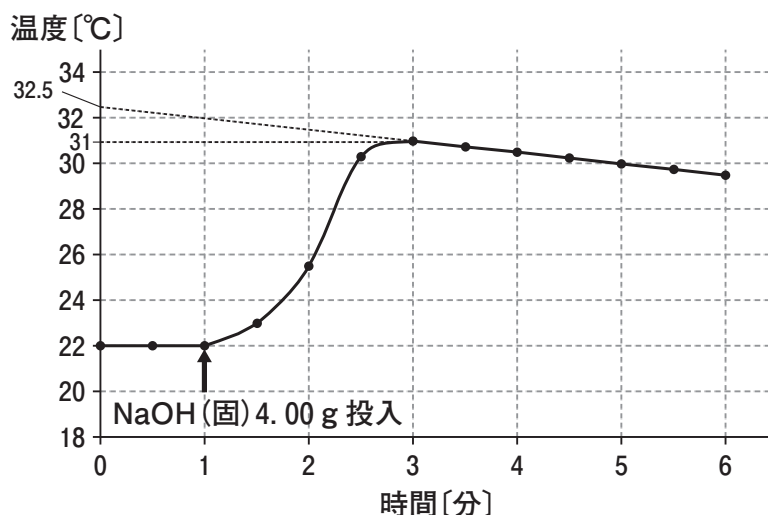


図 1 液温の経時変化

NaOH が完全に溶けたのは、NaOH を投入してから (ア) 分後である。NaOH が瞬時に溶解し、周囲への熱の放出が無かったと仮定した場合の溶液の温度 (真の最高温度) は (イ)  $^{\circ}\text{C}$  であるため、水溶液の比熱を  $4.20 \text{ J}/(\text{g} \cdot \text{K})$  とすると、この実験で発生した熱量は (ウ)  $\text{kJ}$  と算出される。このことから、水酸化ナトリウムの溶解熱は (エ)  $\text{kJ/mol}$  と求められる。

次に、この溶液に  $1.00 \text{ mol/L}$  希塩酸 HCl を  $100 \text{ mL}$  加えたところ、 $5.65 \text{ kJ}$  の熱量が発生した。このことから、希塩酸 HCl と NaOH 水溶液との中和反応における中和熱は (オ)  $\text{kJ/mol}$  である。

以上の実験から、HCl  $1 \text{ mol}$  を含む希塩酸に、固体の NaOH  $1 \text{ mol}$  を加えて中和させたときに発生する熱量は、(カ) により、(エ) + (オ)  $[\text{kJ}]$  と計算できる。

(II) (カ) を利用すると、反応熱や既知の結合エネルギーから未知の結合エネルギーを求めることができる。例えば、水 (気体) の生成熱 [式(1)] と、表 1 の結合エネルギーの値を用いると、水  $\text{H}_2\text{O}$  中の  $\text{O}-\text{H}$  結合の結合エネルギーを、(キ)  $\text{kJ/mol}$  と求めることができる。



表 1 結合エネルギー  $[\text{kJ/mol}]$

| 結合    | 結合エネルギー |
|-------|---------|
| H - H | 432     |
| O = O | 496     |

設問 1. 下線部(a)について,  $\text{NaOH}$  が完全に溶けたときの水溶液の質量モル濃度は (34) mol/kg である。

- ①  $1.00 \times 10^{-3}$       ②  $1.04 \times 10^{-3}$       ③  $1.00 \times 10^{-2}$       ④  $1.04 \times 10^{-2}$   
 ⑤ 0.100      ⑥ 0.104      ⑦ 1.00      ⑧ 1.04

設問 2. ( ア ) および ( イ ) に入る数値の組み合わせとして, 最も適切なものは (35) である。ただし,  $\text{NaOH}$  が水に溶けたときの溶解熱の発生とその水溶液の温度上昇は速やかに起こるものとする。

|   | ( ア ) | ( イ ) |
|---|-------|-------|
| ① | 1     | 31.0  |
| ② | 1     | 32.0  |
| ③ | 1     | 32.5  |
| ④ | 2     | 31.0  |
| ⑤ | 2     | 32.0  |
| ⑥ | 2     | 32.5  |

設問 3. ( ウ ) および ( エ ) に入る数値の組み合わせとして, 最も適切なものは (36) である。

|   | ( ウ ) | ( エ ) |
|---|-------|-------|
| ① | 3.78  | 37.8  |
| ② | 4.20  | 42.0  |
| ③ | 4.41  | 44.1  |
| ④ | 7.56  | 75.6  |
| ⑤ | 8.40  | 84.0  |
| ⑥ | 8.82  | 88.2  |
| ⑦ | 37.8  | 378   |
| ⑧ | 42.0  | 420   |
| ⑨ | 44.1  | 441   |

設問 4. ( オ ) に入る数値として, 最も適切なものは (37) である。

- ① 0.565      ② 1.13      ③ 2.26      ④ 5.65      ⑤ 11.3  
 ⑥ 22.6      ⑦ 56.5      ⑧ 113      ⑨ 226

設問 5. ( カ ) に入る法則の名称として, 最も適切なものは (38) である。

- ① アボガドロの法則      ② 化学平衡の法則      ③ ドルトンの分圧の法則  
 ④ ヘスの法則      ⑤ ヘンリーの法則      ⑥ ボイル・シャルルの法則

設問 6. ( キ ) に入る数値は (39) (40) (41) である。

[問題 5] 次の文章を読み、以下の設問 1 ～ 5 中の空欄 (42) ～ (49) にあてはまる適切な選択肢を、対応する解答欄にマークしなさい。ただし、原子量を  $H = 1.0$ ,  $C = 12$ ,  $O = 16$  とする。

化合物を構成する元素の割合を求める操作を元素分析という。炭素、水素、酸素のみからなる弱い酸性の有機化合物 **A**  $12.0\text{ mg}$  を元素分析装置で完全燃焼させたところ、二酸化炭素  $17.6\text{ mg}$  と水  $7.20\text{ mg}$  を生じた。この結果から、有機化合物 **A** の成分元素の質量を求めることができ、有機化合物 **A** の炭素の質量は ( ア )  $\text{mg}$ 、水素の質量は ( イ )  $\text{mg}$ 、酸素の質量は ( ウ )  $\text{mg}$  と計算できた。これらの質量から各元素の原子の物質量を求めると、有機化合物 **A** の組成式は ( エ ) とわかった。有機化合物 **A** の分子量が  $60$  と測定されたことから、分子式は ( オ ) と求まった。

次に、(a)炭素と水素のみからなる芳香族化合物 **B**  $53\text{ mg}$  を元素分析装置で完全燃焼させたところ、二酸化炭素  $176\text{ mg}$  と水  $45\text{ mg}$  を生じた。芳香族化合物 **B** の分子量は  $106$  と測定されたことから、芳香族化合物 **B** の分子式が求まった。芳香族化合物 **B** には、( カ ) 種類の異性体が存在し、そのうち一置換体（ベンゼン環の  $H$  原子の  $1$  つが別の置換基で置換されたもの）は ( キ ) 種類である。

設問 1. ( ア ) ～ ( ウ ) に入る数値の組み合わせとして、最も適切なのは (42) である。

|   | ( ア ) | ( イ ) | ( ウ ) |
|---|-------|-------|-------|
| ① | 2.4   | 0.40  | 8.8   |
| ② | 2.4   | 0.40  | 9.2   |
| ③ | 2.4   | 0.80  | 8.8   |
| ④ | 2.4   | 0.80  | 9.2   |
| ⑤ | 4.8   | 0.40  | 6.4   |
| ⑥ | 4.8   | 0.40  | 6.8   |
| ⑦ | 4.8   | 0.80  | 6.4   |
| ⑧ | 4.8   | 0.80  | 6.8   |

設問 2. ( エ ) に入る組成式は (43), ( オ ) に入る分子式は (44) である。

- |                                    |                                    |                                  |
|------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|
| ① $\text{CH}_2\text{O}$            | ② $\text{CH}_3\text{O}$            | ③ $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$ |
| ④ $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ | ⑤ $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$ | ⑥ $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$ |

設問 3. 弱い酸性の有機化合物 **A** に関する記述として、最も適切なものは (45) である。

- ① さらし粉水溶液によって酸化され、赤紫色を呈する。
- ② フェーリング液を還元して、赤色の酸化銅(Ⅰ)が沈殿する。
- ③ 炭酸水素ナトリウムと反応して、二酸化炭素を発生する。
- ④ 塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えると紫色に呈色する。

設問 4. 下線部(a)の完全燃焼に最低限必要な酸素の質量は (46) (47) (48) mg である。

設問 5. ( カ ) および ( キ ) に入る数値の組み合わせとして、最も適切なものは (49) である。

|   | ( カ ) | ( キ ) |
|---|-------|-------|
| ① | 3     | 1     |
| ② | 3     | 2     |
| ③ | 4     | 1     |
| ④ | 4     | 2     |
| ⑤ | 5     | 1     |
| ⑥ | 5     | 2     |