

化 学

I 次の文章を読み，〔1〕～〔8〕の問いに答えよ。ただし，必要に応じて，以下の値を用いよ。

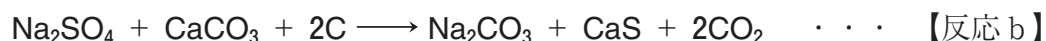
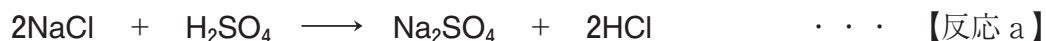
原子量：H = 1.0, C = 12.0, O = 16.0, Na = 23.0, Cl = 35.5

ソーダ灰ともよばれる炭酸ナトリウム Na_2CO_3 は，ガラスやセッケン製造の原料となる重要な化学物質である。この物質は，18世紀の終わり頃にフランスの化学者ルブランによって考案されたルブラン法により，長い間さかんに製造されていた。しかし，19世紀の中頃になって，ベルギーの化学者ソルベールが炭酸ナトリウムの新しい製造方法を考案した。これはソルベール法もしくはアンモニアソーダ法とよばれ，多くの点でルブラン法より優れていたため各国に普及し，現在もこの方法で製造されている。

ルブラン法とソルベール法の概要は次のとおりである。

ルブラン法

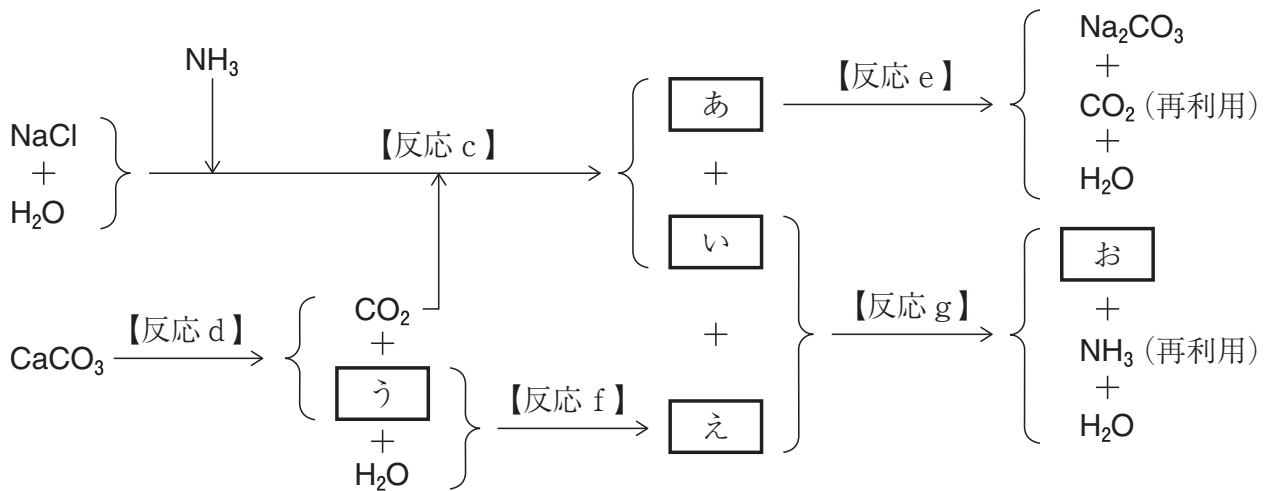
ルブラン法の反応過程は次の2段階の反応で表される。



まず第1段階では，塩化ナトリウムと硫酸を混合して加熱すると，硫酸ナトリウムと塩化水素が生成する（【反応 a】）。第2段階では，第1段階で生成した硫酸ナトリウムに石灰石とコークスを混合し加熱すると，コークスは二酸化炭素になり，炭酸ナトリウムと硫化カルシウムの混合物が残る（【反応 b】）。生成した炭酸ナトリウムは水に溶け，未反応の炭酸カルシウムおよび硫化カルシウムは水に溶けにくいので，洗浄によって炭酸ナトリウムを得ることができ，大量生産を実現した。しかし，このルブラン法では，生成する塩化水素により深刻な大気汚染が引き起こされてしまった。

ソルベー法

ソルベー法の反応過程は次の反応で表される。



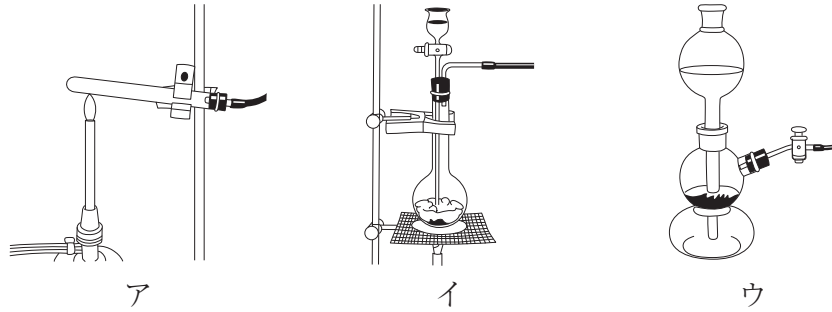
ソルベー法の主反応も2段階の反応になる。まず第1段階では、塩化ナトリウムの飽和水溶液にアンモニアと二酸化炭素を吹き込むと、比較的溶解度の小さいあが沈殿する（【反応c】）。ここで用いる二酸化炭素は石灰石を熱分解して得ている（【反応d】）。第2段階では、第1段階で沈殿生成したあを集めて加熱し、目的物の炭酸ナトリウムを得ることができる（【反応e】）。

この方法の特徴は、ルブラン法で汚染原因となった塩化水素を生成しないことと、二酸化炭素とアンモニアを回収し再利用している点である。日本ではアンモニアを回収せず、いをそのまま肥料として用いる場合もある。

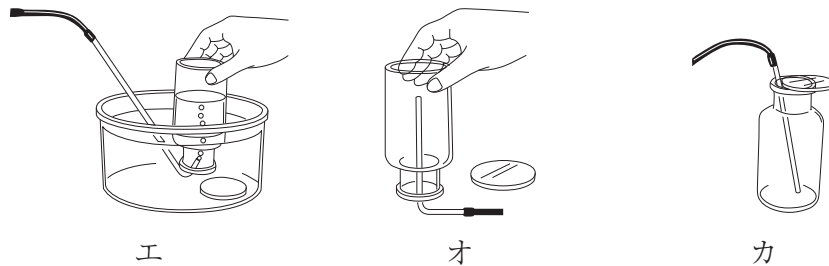
炭酸ナトリウムを水溶液から結晶化させると、 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ の結晶が得られる。この結晶を空気中に放置すると、水和水が失われて白色粉末の $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ となる。このような現象をかという。これに対し、物質おは湿った空気中に放置すると、空気中の水分を吸収して溶ける。このような現象をきという。

[1] ルブラン法の【反応 a】では塩化水素が発生し，【反応 b】では二酸化炭素が発生している。これらの気体を実験室で発生させるとき最も適当な発生装置と捕集方法の組み合わせを下の選択肢の中からそれぞれ選び，その番号を解答用紙にマークせよ。ただし，塩化水素は塩化ナトリウムに硫酸を加えて発生させ，二酸化炭素は石灰石に希塩酸を加えて発生させるものとする。

〈発生装置〉



〈捕集方法〉



- | | | |
|-------|-------|-------|
| ① アとエ | ② アとオ | ③ アとカ |
| ④ イとエ | ⑤ イとオ | ⑥ イとカ |
| ⑦ ウとエ | ⑧ ウとオ | ⑨ ウとカ |

[2] ルブラン法の【反応 b】において，酸化数が減少している原子の元素記号と，その原子の反応前および反応後の酸化数を解答用紙の 内に記入せよ。

[3] ソルベー法の あ ～ お にあてはまる最も適当な化学式を下の選択肢の中から選び，その番号を解答用紙にマークせよ。

- | | | | |
|-------------------|--|-----------------|----------------------------|
| ① CO_2 | ② $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ | ③ NH_3 | ④ NH_4Cl |
| ⑤ NaOH | ⑥ NaHCO_3 | ⑦ CaO | ⑧ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ |
| ⑨ CaCl_2 | ⑩ $\text{CaCl}(\text{ClO}) \cdot \text{H}_2\text{O}$ | | |

[4] ソルベー法の と の物質はいずれも気体の乾燥剤として知られているが、これらを乾燥剤として用いることができない気体を下の選択肢の中からそれぞれ1つずつ選び、その番号を解答用紙にマークせよ。

- ① H₂ ② NH₃ ③ N₂ ④ O₂ ⑤ CO₂

[5] 文章中の および にあてはまる最も適当な語句をそれぞれ漢字2文字で、解答用紙の 内に記入せよ。

[6] 文章中の下線部(a)について、【反応c】では、塩化ナトリウムの飽和水溶液には先にアンモニア NH₃ を吹き込んだのち、二酸化炭素 CO₂ を吹き込む必要がある。この順番で加える理由を、簡潔に解答用紙の 内に記入せよ。ただし、溶解度、酸性、塩基性、NH₃、CO₂ の用語を必ず用い、使用した用語にはすべて下線を引くこと。

[7] ソルベー法の【反応g】の化学変化の説明として、最も適当なものを下の選択肢の中から選び、その番号を解答用紙にマークせよ。

- ① 弱酸の塩 + 強酸 → 弱酸 + 強酸の塩
② 強酸の塩 + 弱酸 → 強酸 + 弱酸の塩
③ 弱塩基の塩 + 強塩基 → 弱塩基 + 強塩基の塩
④ 強塩基の塩 + 弱塩基 → 強塩基 + 弱塩基の塩
⑤ 揮発性の酸の塩 + 不揮発性の酸 → 揮発性の酸 + 不揮発性の酸の塩
⑥ 不揮発性の酸の塩 + 揮発性の酸 → 不揮発性の酸 + 揮発性の酸の塩

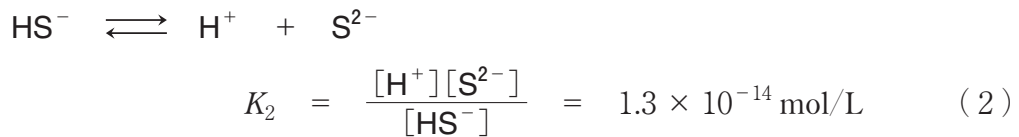
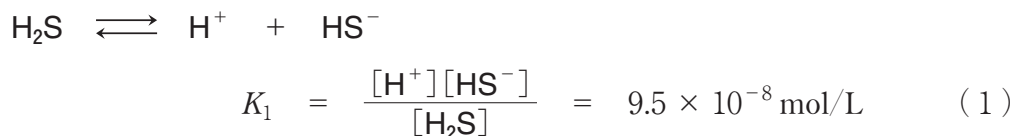
[8] ソルベー法において、塩化ナトリウム 12 kg がすべて反応したときに得られる炭酸ナトリウムの質量 (kg) として最も適当なものを下の選択肢の中から選び、その番号を解答用紙にマークせよ。

- ① 5.4 ② 11 ③ 22 ④ 33 ⑤ 43

II 次の文章を読み、〔1〕～〔6〕の問いに答えよ。

日本には多くの活火山があり、^(a)火山性ガスに含まれる硫化水素や二酸化硫黄から、単体の硫黄が多く産出される。そのため、硫黄は古くから火薬原料や着火剤などに用いられてきた。現在では、硫黄は医薬品、農薬、電池、プラスチック、^(b)ゴムなど、幅広い産業で利用されており、我々の生活を支える重要な化合物といえる。硫黄化合物は我々の体内にも多く存在し、硫黄元素を含むアミノ酸であるシステインは、あ結合とよばれる共有結合を形成し、タンパク質の高次構造の形成において重要な役割を担っている。

硫黄化合物の一つである硫化水素は腐卵臭の気体であり、水に容易に溶解して弱酸性を示す。硫化水素は、水中で次の式（1）および（2）のように2段階で電離するとされている。



K_1 、 K_2 は各電離過程の平衡定数であり、 $[\text{H}_2\text{S}]$ 、 $[\text{HS}^-]$ 、 $[\text{S}^{2-}]$ 、 $[\text{H}^+]$ は、それぞれ水溶液中における H_2S 、 HS^- 、 S^{2-} 、 H^+ のモル濃度を表す。

硫化水素はさまざまな金属イオンと反応して硫化物の沈殿を生成することから、金属イオンの検出や分離に用いられる。沈殿の有無は、生成する化合物の溶解度積 K_{sp} によって決まる。たとえば、2価の金属イオン M^{2+} では、その硫化物 MS の溶解度積は次のように表される。

$$K_{\text{sp}} = [\text{M}^{2+}][\text{S}^{2-}]$$

水溶液中の硫化物イオンの濃度は2段階の電離過程によって決まり、硫化物の沈殿の生成は溶液のpHに依存する。また、水溶液中に溶解した硫化水素は必ずしもすべてが H_2S として水中に存在しない。水溶液中に存在する硫黄元素の総量は変化しないことから、溶解した硫化水素の濃度 $[\text{H}_2\text{S}]_{\text{total}}$ は次の式（3）で表される。

$$[\text{H}_2\text{S}]_{\text{total}} = [\text{H}_2\text{S}] + [\text{HS}^-] + [\text{S}^{2-}] \quad (3)$$

式(1)～(3)を用いると、 $[\text{H}_2\text{S}]_{\text{total}}$ とpHから $[\text{S}^{2-}]$ を算出でき、溶解度積から沈殿の生成の有無を調べることができる。^(d)

沈殿反応を利用した滴定を沈殿滴定といい、とくにクロム酸カリウム水溶液を指示薬に用い、硝酸銀水溶液で塩化物イオンを滴定する方法はモール法とよばれる。^(e)モール法では、滴定で生成する塩化銀の溶解度がクロム酸銀の溶解度よりも小さいため、溶液中の塩化物イオンの大部分が塩化銀として沈殿したのち、赤褐色のクロム酸銀が生成しはじめる。このとき、溶液中に存在している塩化物イオンはきわめて少ないため、この点を終点として、滴下した硝酸銀水溶液の量から塩化物イオンを定量することができる。

[1] 文章中の にあてはまる最も適当な語句を解答用紙の 内に記入せよ。

[2] 文章中の下線部(a)について、硫化水素と二酸化硫黄の化学反応は、石油中に不純物として存在する硫化物を取り除く操作においても重要である。硫化水素と二酸化硫黄との化学反応式を解答用紙の 内に記入せよ。

[3] 文章中の ゴムについて、^(b)タイヤや輪ゴムなどのゴム製品は、ゴムに硫黄を数%加えて加熱することにより、ゴムの弾性を飛躍的に高めている。この操作の名称を漢字2文字で解答用紙の 内に記入せよ。

[4] 文章中の下線部(c)について、硫黄元素を含む水溶液の検出法として最も適当なものを下の選択肢の中から選び、その番号を解答用紙にマークせよ。

- ① 水酸化ナトリウム水溶液を加えて塩基性にしたのち、少量の硫酸銅(Ⅱ)水溶液を加える。
- ② 濃硝酸を加えて加熱したのち、アンモニア水を加えて塩基性にする。
- ③ ニンヒドリン溶液を加えて温める。
- ④ 固体の水酸化ナトリウムを加えて加熱したのち、酢酸鉛(Ⅱ)水溶液を加える。
- ⑤ 固体の塩化マグネシウムを多量に加える。

〔5〕 文章中の下線部(d)について、(i)～(iii)の問いに答えよ。

(i) S^{2-} のモル濃度を表す文字式として最も適当なものを下の選択肢の中から選び、その番号を解答用紙にマークせよ。

①
$$\frac{[\text{H}^+]^2}{[\text{H}^+]^2 + [\text{H}^+]K_1 + K_1K_2} [\text{H}_2\text{S}]_{\text{total}}$$

②
$$\frac{[\text{H}^+]^2 + [\text{H}^+]K_1}{[\text{H}^+]^2 + [\text{H}^+]K_1 + K_1K_2} [\text{H}_2\text{S}]_{\text{total}}$$

③
$$\frac{[\text{H}^+]K_1 + K_1K_2}{[\text{H}^+]^2 + [\text{H}^+]K_1 + K_1K_2} [\text{H}_2\text{S}]_{\text{total}}$$

④
$$\frac{[\text{H}^+]K_1}{[\text{H}^+]^2 + [\text{H}^+]K_1 + K_1K_2} [\text{H}_2\text{S}]_{\text{total}}$$

⑤
$$\frac{K_1K_2}{[\text{H}^+]^2 + [\text{H}^+]K_1 + K_1K_2} [\text{H}_2\text{S}]_{\text{total}}$$

⑥
$$\frac{[\text{H}^+]^2 + [\text{H}^+]K_1 + K_1K_2}{[\text{H}^+]^2} [\text{H}_2\text{S}]_{\text{total}}$$

⑦
$$\frac{[\text{H}^+]^2 + [\text{H}^+]K_1 + K_1K_2}{[\text{H}^+]^2 + [\text{H}^+]K_1} [\text{H}_2\text{S}]_{\text{total}}$$

⑧
$$\frac{[\text{H}^+]^2 + [\text{H}^+]K_1 + K_1K_2}{[\text{H}^+]K_1 + K_1K_2} [\text{H}_2\text{S}]_{\text{total}}$$

⑨
$$\frac{[\text{H}^+]^2 + [\text{H}^+]K_1 + K_1K_2}{[\text{H}^+]K_1} [\text{H}_2\text{S}]_{\text{total}}$$

⑩
$$\frac{[\text{H}^+]^2 + [\text{H}^+]K_1 + K_1K_2}{K_1K_2} [\text{H}_2\text{S}]_{\text{total}}$$

(ii) $[\text{H}_2\text{S}]_{\text{total}}$ が 0.10 mol/L のとき、水溶液の pH が 4.0 における S^{2-} のモル濃度 (mol/L) を求め、有効数字 2 桁で解答用紙の 内に記入せよ。

(iii) Fe^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} の金属イオンについて、モル濃度が 0.10 mol/L の水溶液をそれぞれ調製し、それらの水溶液に、 $[\text{H}_2\text{S}]_{\text{total}}$ が 0.10 mol/L になるよう硫化水素を通じた。水溶液の pH が 4.0 であったとき、生じる沈殿の化学式として適当なものを下の選択肢の中から**すべて**選び、その番号を解答用紙にマークせよ。ただし、 FeS , NiS , CuS , ZnS の溶解度積はそれぞれ $2.5 \times 10^{-12} \text{ mol}^2/\text{L}^2$, $3.0 \times 10^{-19} \text{ mol}^2/\text{L}^2$, $6.5 \times 10^{-30} \text{ mol}^2/\text{L}^2$, $2.2 \times 10^{-18} \text{ mol}^2/\text{L}^2$ とする。

- ① FeS ② NiS ③ CuS ④ ZnS

[6] 文章中の下線部(e)について、(i) および (ii) の問いに答えよ。

(i) モール法は、溶液の pH が中性付近の条件で実施する必要がある。その理由として正しいものを下の選択肢の中から**2つ**選び、その番号を解答用紙にマークせよ。

- ① 酸性条件では、クロム酸イオンが二クロム酸イオンになるため
② 酸性条件では、クロム酸イオンがクロム(Ⅲ)イオンになるため
③ 酸性条件では、銀イオンが酸化物として沈殿するため
④ 塩基性条件では、クロム酸イオンが二クロム酸イオンになるため
⑤ 塩基性条件では、クロム酸イオンがクロム(Ⅲ)イオンになるため
⑥ 塩基性条件では、銀イオンが酸化物として沈殿するため

(ii) 塩化ナトリウム水溶液 10 mL にクロム酸カリウム水溶液を適量加え、この溶液に $2.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ の硝酸銀水溶液を滴下すると、溶液が白濁した。さらに硝酸銀水溶液 21 mL を加えたところで赤褐色沈殿が生じはじめた。塩化ナトリウム水溶液のモル濃度 (mol/L) を求め、**有効数字 2桁**で解答用紙の 内に記入せよ。ただし、赤褐色沈殿が生じはじめたときの溶液中に存在する塩化物イオン濃度は無視できるものとする。また、クロム酸カリウム水溶液を加えたことによる体積変化は無視できるものとする。

Ⅲ 次の文章を読み，〔1〕～〔6〕の問いに答えよ。ただし，必要に応じて，以下の値を用いよ。

原子量：H = 1.0, C = 12, O = 16

大気圧： 1.013×10^5 Pa

水と混ざり合わない，水より高沸点の有機化合物を分離・精製する方法として，水蒸気蒸留という手法が用いられる。その原理は，水と有機化合物の不均一な混合物の蒸気についてドルトンの分圧の法則が成り立つことに由来する。すなわち，この混合物の全蒸気圧 P [Pa] は，有機化合物の蒸気圧を P_x [Pa]，水の蒸気圧を P_w [Pa] とするとき，次の式（1）で表される。

$$P = P_x + P_w \quad (1)$$

したがって，全圧 P が大気圧に達したときに混合物は沸騰するため，有機化合物と水がそれぞれ別々に存在するときより低い温度，すなわち 100°C 以下で蒸留することが可能である。実際には図1のような装置を用い，蒸留フラスコに水蒸気を連続的に送りこむことで，有機化合物と水の混合物として留出させる。

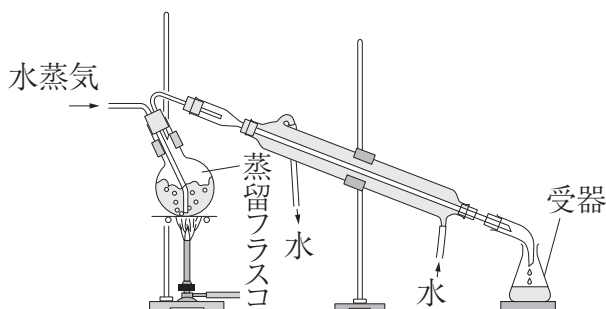


図1

このとき，混合蒸気中の有機化合物の物質量を n_x [mol]，水（水蒸気）の物質量を n_w [mol] とすると，混合蒸気中の有機化合物と水の物質量比は， P_x および P_w を用いて次の式（2）で表すことができる。

$$\frac{n_x}{n_w} = \boxed{\text{あ}} \quad (2)$$

留出液中の有機化合物の質量 W_x [g] および水の質量 W_w [g] を用いて式（2）を書き換えると，有機化合物のモル質量 M_x [g/mol] を求める次の式（3）となる。

$$M_x = \boxed{\text{い}} \quad (3)$$

任意の温度における P_w は既知の値であるため，蒸留時における混合物の沸点と

留出液中の各成分の質量を式(3)に代入することで、有機化合物の分子量を求め^(a)ることができる。

水と混ざり合わない化合物Aの構造を決定するために以下の実験を行った。図1の装置を用いて大気圧下でAの水蒸気蒸留を行い、98.5℃で沸騰した水とAの混合物を受器で集め、質量を測定したところ、25.7g得られた。受器にジエチルエーテルを加えて振り混ぜ、Aをすべてジエチルエーテルの層に抽出した。ここからジエチルエーテルだけを蒸発させ、残ったAの質量^(b)を測定し、式(3)を用いて計算したところ、Aの分子量は148であることがわかった。

Aは、C、H、Oの3種類を構成元素とするベンゼンの二置換体で、パラ位に置換基を有していることもわかった。Aはナトリウムと反応しなかった。一方、Aをオゾン分解したところ、化合物BとCが生成した。オゾン分解とは、図2に示すように、アルケンがオゾンと反応して生じるオゾニドを亜鉛などで還元することで、ケトンまたはアルデヒドが得られる反応である。

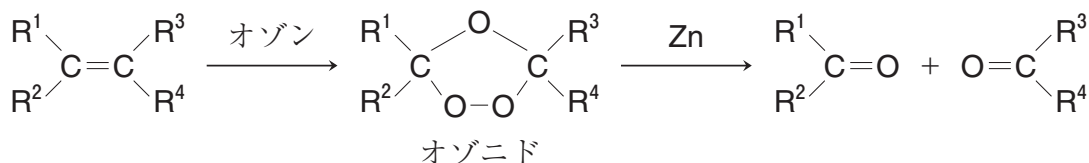


図2 (R¹ ~ R⁴: アルキル基または水素)

BとCはいずれも、適切な条件で酸化することで酸化反応が進行し、酸性を示す化合物へと変化した。また、Bは希硫酸中で加熱しても、水酸化ナトリウム水溶液中で穏やかに加温しても安定であり、化合物Cはヨードホルム反応に陽性であった。

[1] 式(2)の あ にあてはまる文字式を解答用紙の 内に記入せよ。

[2] 式(3)の にあてはまる最も適当な式を下の選択肢の中から選び、その番号を解答用紙にマークせよ。

- | | | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| ① $\frac{18W_x P_w}{W_w P_x}$ | ② $\frac{18W_w P_x}{W_x P_w}$ | ③ $\frac{18W_x P_x}{W_w P_w}$ |
| ④ $\frac{18W_w P_w}{W_x P_x}$ | ⑤ $\frac{18W_x (P_w + P_x)}{W_w P_x}$ | ⑥ $\frac{18W_w P_x}{W_x (P_w + P_x)}$ |
| ⑦ $\frac{18W_x P_x}{W_w (P_w + P_x)}$ | ⑧ $\frac{18W_w (P_w + P_x)}{W_x P_x}$ | |

[3] 文章中の下線部(a)について、(i) および (ii) の問いに答えよ。

(i) ある有機化合物の大気圧下における沸点は 111 °C であるが、水蒸気蒸留を行うと、85.0 °C で水とともに留出した。この温度におけるこの有機化合物の蒸気圧 (Pa) を求め、有効数字 3 桁で解答用紙の 内に記入せよ。ただし、85.0 °C における水の蒸気圧は 5.78×10^4 Pa である。

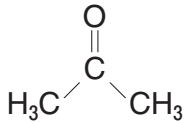
(ii) (i) で得られた留出液 100 g 中に、この有機化合物は 79.4 g 含まれていた。この有機化合物の分子量として最も適当なものを下の選択肢の中から選び、その番号を解答用紙にマークせよ。

- ① 52 ② 72 ③ 92 ④ 108 ⑤ 122

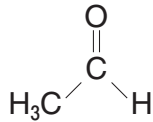
[4] 文章中の下線部(b)について、実験で得られた化合物 A の質量 (g) を求め、有効数字 2 桁で解答用紙の 内に記入せよ。ただし、98.5 °C における水の蒸気圧は 9.63×10^4 Pa とする。

〔5〕 化合物 **C** の構造式として最も適当なものを下の選択肢の中から選び、その番号を解答用紙にマークせよ。

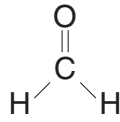
①



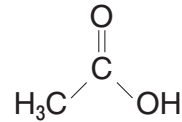
②



③

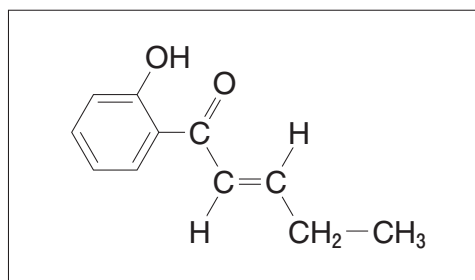


④



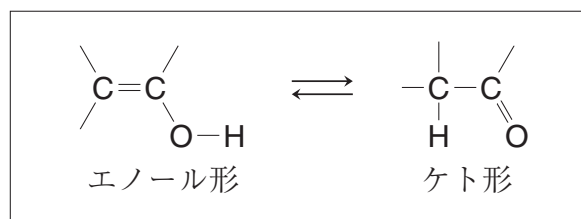
〔6〕 化合物 **A** の構造を、解答例にならって解答用紙の 内に記入せよ。ただし、シス-トランス異性体が存在する場合はトランス形で示せ。

(解答例)



IV 次の文章を読み，〔1〕～〔8〕の問いに答えよ。

有機化合物の特徴の一つに，異性体の存在が挙げられるが，考えられる異性体が常に安定に存在するとは限らない。たとえば，図のような二重結合を構成している炭素原子にヒドロキシ基が直結しているエノール形の構造は，異性体の関係にあるケト形の構造と平衡状態にあるが，室温では，一般にケト形の方が安定であるため，平衡はケト形にかたよっている。



図

分子式が C_3H_6O で表される有機化合物には，さまざまな異性体が考えられる。^(a) それらの中で，安定に存在する 4 種類の鎖式化合物 **A**，**B**，**C** および **D** の大気圧下における沸点を調べたところ，それぞれ $97^\circ C$ ， $56^\circ C$ ， $48^\circ C$ および $7^\circ C$ であった。化合物 **A** の沸点がとくに高い理由は に起因すると考えられるので，**A** は^(b) に分類される。一方，化合物 **D** は，沸点がとくに低く揮発性に富むことから と推定できる。

化合物 **B**，**C** には，いずれも 基とよばれる官能基がある。硝酸銀水溶液にアンモニア水を加えていくと，化学式が で表される暗褐色の沈殿を生じたのち，無色の水溶液になる。ここへ **B**，**C** をそれぞれ加えて温めると，**B** では変化が見られなかったが，**C** では銀の析出が観察された。プロピンに触媒を用いて水を反応させると化合物 **E** を生じるが，この構造は不安定であり，ただちに **B** に変化する。

B に触媒を用いて水素を反応させると，**A** と同じ官能基をもつ化合物 **F** を生じる。^(c) また，**C** を酸化すると化合物 **G** が得られる。さらに，**F** と **G** の混合物に少量の濃硫酸を加えて温めると，芳香をもつ化合物 **H** を生じる。

〔1〕 文章中の にあてはまる最も適当な語句を下の選択肢の中から選び、その番号を解答用紙にマークせよ。

- ① イオン結合 ② 共有結合 ③ 金属結合 ④ 水素結合
⑤ ファンデルワールス力

〔2〕 文章中の および にあてはまる最も適当な語句を下の選択肢の中からそれぞれ選び、その番号を解答用紙にマークせよ。

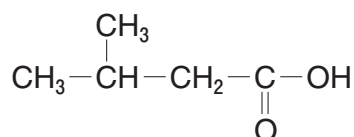
- ① アルコール ② アルデヒド ③ エーテル ④ エステル
⑤ ケトン

〔3〕 文章中の にあてはまる最も適当な官能基の名称を解答用紙の 内に記入せよ。

〔4〕 文章中の にあてはまる化学式を解答用紙の 内に記入せよ。

〔5〕 文章中の化合物 **A**、**E** および **H** の構造を、解答例にならって解答用紙の 内に記入せよ。

(解答例)



〔6〕 文章中の下線部(a)について、分子式が $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ で表される環式化合物には、構造異性体および立体異性体を含めて全部で何種類の異性体が考えられるか。その数を解答用紙の 内に記入せよ。

〔7〕 文章中の 化合物A を酸化して得た酸性物質を水酸化ナトリウムで中和したのち、生じた塩を重合させると、高分子化合物が得られる。この高分子化合物を成形してつくられる樹脂は、一般に何とよばれているか。最も適当な語句を下の選択肢の中から選び、その番号を解答用紙にマークせよ。

- ① アルキド樹脂 ② 高吸水性樹脂 ③ 生分解性樹脂
④ 光硬化性樹脂 ⑤ イオン交換樹脂

〔8〕 文章中の下線部(c)について、このとき化合物Bに起こる反応と同一の名称でよばれる芳香族化合物の変化として最も適当なものを下の選択肢の中から選び、その番号を解答用紙にマークせよ。

- ① ベンゼンに触媒を用いて塩素を作用させると、クロロベンゼンが得られる。
② サリチル酸に無水酢酸を作用させると、アセチルサリチル酸が得られる。
③ ニトロベンゼンにスズと塩酸を作用させると、アニリン塩酸塩が得られる。
④ トルエンに過マンガン酸カリウムを作用させると、安息香酸カリウムが得られる。
⑤ フェノールに水酸化ナトリウムを作用させると、ナトリウムフェノキシドが得られる。