



2025年度

公立千歳科学技術大学 理工学部

一般選抜 前期日程 問題

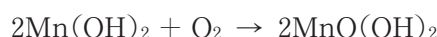
化学基礎・化学

化学基礎・化学

1. 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。必要であれば次の原子量を用いなさい。O = 16.0, K = 39.1, I = 127.0

水に溶解した O₂ のことを溶存酸素といい、河川などの水質環境を評価する上での指標の一つである。溶存酸素の濃度は、次の①～③の一連の操作により測定することができる。

- ① 塩基性条件での硫酸マンガン(Ⅱ) (MnSO₄) と溶存酸素との反応により、酸化水酸化マンガン(Ⅳ) (MnO(OH)₂) を生成させる。



- ② 酸性条件での MnO(OH)₂ とヨウ化物イオン (I⁻) との反応により、ヨウ素 (I₂) を生成させる。



- ③ チオ硫酸ナトリウム (Na₂S₂O₃) を用いる酸化還元滴定により、I₂ を定量する。



分析対象である水の溶存酸素濃度を測定するために、以下に示す実験を行った。実験操作は、滴定に用いる Na₂S₂O₃ 水溶液の濃度の決定と、上記の反応で生じる I₂ の定量からなる。

実験 A Na₂S₂O₃ 水溶液の濃度の決定

- (a) Na₂S₂O₃ を適量ばかり取って水に溶かし、水溶液を調製した。
- (b) 蒸留水 30.0 mL に、 1.00×10^{-3} mol/L ヨウ素酸カリウム (KIO₃) 水溶液 10.0 mL とヨウ化カリウム (KI) 2.00 g を加えた。
- (c) (b) の水溶液に希硫酸を 10.0 mL 添加し酸性にした。このとき、次の反応により I₂ が生成する。



- (d) (c) の操作で生成した I₂ を、(a) で調製した Na₂S₂O₃ 水溶液で滴定した。指示薬としてデンプンを用いた。

滴定の結果：Na₂S₂O₃ 水溶液を 12.50 mL 滴下したところ、(c) で生じた I₂ と過不足なく反応した。

実験 B I₂ の定量

- (a) 分析対象である水 10.0 mL に、水酸化ナトリウムで塩基性にした 2.00 mol/L MnSO₄ 水溶液 0.100 mL を加えた。
- (b) (a) の水溶液を振り混ぜ、上記①の反応を進行させた。
- (c) (b) の反応混合物に、0.600 mol/L KI 水溶液 0.100 mL と濃硫酸を加えて振り混ぜ、上記②の反応を進行させた。
- (d) (c) の水溶液を、実験 A の操作で濃度を決定した Na₂S₂O₃ 水溶液で滴定した。指示薬としてデンプンを用いた。

滴定の結果：Na₂S₂O₃ 水溶液を 1.75 mL 滴下したところ、(c) で生じた I₂ と過不足なく反応した。

- (1) 実験 A (b), (c) の操作で, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 水溶液の濃度を正確に決定するためにホールピペットで正確に体積をはかり取る必要がある液体は, 次の a ~ c のうちどれか。一つ選びなさい。
- a. 蒸留水 b. KIO_3 水溶液 c. 希硫酸
- (2) 実験 A (c) に示した反応に含まれる KIO_3 , KI , I_2 の I 原子の酸化数をそれぞれ答えなさい。また, この反応における KIO_3 と KI の酸化剤・還元剤としてのはたらきについて, 次の a ~ d から適切な記述を一つ選びなさい。
- a. KIO_3 が酸化剤, KI が還元剤である。
 b. KIO_3 が還元剤, KI が酸化剤である。
 c. どちらも酸化剤である。
 d. どちらも還元剤である。
- (3) 実験 A での滴定の結果に基づき, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 水溶液のモル濃度 $[\text{mol/L}]$ を有効数字 3 桁で求めなさい。
- (4) 実験 B の滴定での反応全体では, 反応に関与する溶存酸素と $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ との物質質量比はどのように表されるか。(溶存酸素の物質質量) : ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ の物質質量) の整数比で答えなさい。
- (5) 溶存酸素濃度は, 分析対象である水 1 L あたりの O_2 の質量 $[\text{mg}]$ で表される。実験 B の滴定で過不足なく反応するまでに要した $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 水溶液 (濃度は実験 A で決定した濃度とする) の体積を $V_a [\text{mL}]$, 分析対象である水の体積を $V_b [\text{mL}]$, 溶存酸素濃度を $C_{\text{O}_2} [\text{mg}]$ と表すことにすると, V_a , V_b , C_{O_2} の関係はどのように表されるか。次式の空欄にあてはまる値を有効数字 3 桁で答えなさい。また, 実験 B での滴定の結果に基づき, 分析対象である水の $C_{\text{O}_2} [\text{mg}]$ を有効数字 3 桁で求めなさい。

$$C_{\text{O}_2} = \frac{1000V_a}{V_b} \times (\quad)$$

化学基礎・化学

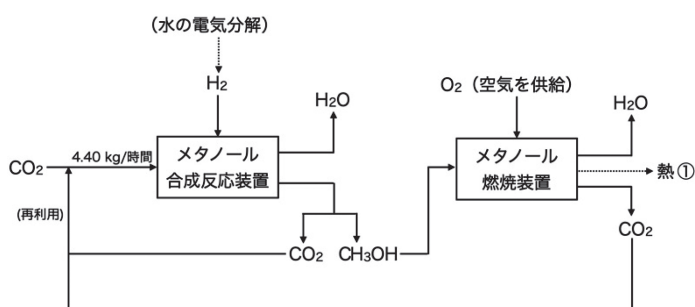
2. 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。必要であれば次の原子量を用いなさい。C = 12.0, O = 16.0, H = 1.0

二酸化炭素と水素からのメタノールの合成は、二酸化炭素の排出量削減のために重要な技術である。一方、メタノールを燃料として使用する場合、燃焼によって二酸化炭素が生じるため、この二酸化炭素を原料としてメタノールを製造できれば、二酸化炭素を循環させて利用することができる。この方法によるメタノール合成・燃焼過程の模式図を下図に示す。メタノール合成反応装置に二酸化炭素と水素を供給してメタノールと水を生成させ、続いてメタノールを燃焼させて熱を発生させる。反応に関わる物質は、反応物・生成物ともすべて気体であるとする。

メタノール合成反応は可逆反応であるが、

問(2)以下の設問では合成反応装置は逆反応が無視できる(二酸化炭素と水素からメタノールと水を生じる反応を正反応とし、この反応のみ進行する)条件で作動しているとする。ただし、正反応で二酸化炭素の

全量をメタノールに転換するのではなく、装置に入る二酸化炭素の物質量の $\frac{1}{2}$ の量を生成物(メタノールと水)に転換させて取り出すものとする。メタノールは二酸化炭素との混合物として取り出され、二酸化炭素は再利用される。水是水蒸気として放出される。合成反応装置への二酸化炭素の供給量は、再利用分も含めて1時間あたり4.40 kgであるとする。



- (1) メタノール合成反応は可逆反応であり、また正反応の反応エンタルピーはメタノール1 molあたり -49.0 kJ である(正反応の反応熱はメタノール1 molあたり 49.0 kJ である)。この反応によるメタノールの生成量を多くしたい場合、反応時の温度と圧力はどうのように設定するのが有利か。次のa～dから適切な組み合わせを一つ選びなさい。

a. 高温・高圧 b. 高温・低圧 c. 低温・高圧 d. 低温・低圧

- (2) 合成反応装置での反応に必要な水素を、水の電気分解により供給することを考える。電流を $I [\text{A}]$ 、ファラデー定数を $F [\text{C/mol}]$ とすると、合成反応(1時間あたり)で用いられる水素を供給するための電気分解に要する時間は少なくとも何秒か。 I 、 F および数値を用いて表しなさい。ただし、数値の有効数字は3桁とする。

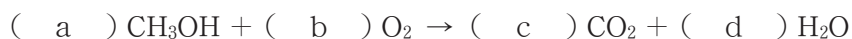
(3) 問(2)での水の電気分解を行う際、水素発生が起きる電極は陰極・陽極のどちらか。また、水に添加する電解質として適切な物質は塩化ナトリウム・塩化銅(II)のどちらか。次のa～dから適切な組み合わせを一つ選びなさい。なお、電極自身は反応によって変化しないものとする。

- a. 陰極・塩化ナトリウム b. 陰極・塩化銅(II)
c. 陽極・塩化ナトリウム d. 陽極・塩化銅(II)

(4) 問(3)で選択した条件で水の電気分解を行うと、電気分解後の電解質水溶液は次のうちの性質を示すか。また、問(3)で選択した電極ではない方の電極では、生成物として何が生じるか。次のa～dから適切な組み合わせを一つ選びなさい。

- a. 酸性・酸素 b. 酸性・塩素 c. 塩基性・酸素 d. 塩基性・塩素

(5) 燃焼装置での反応の化学反応式(次式)の係数a～dを整数で答えなさい。



(6) 問(5)の反応で、メタノール 1 mol が完全燃焼するとき 680 kJ の熱が発生する。合成反応(1時間あたり)で得られるメタノールを燃焼し、その熱(図中の①)を冬季の融雪に利用することを考える。雪の温度を 0℃とし、融雪で生じた水をさらに 0℃から T [℃] に加温して排出する。水の融解熱を Q [kJ/mol]、液体の水の比熱を c [J/(g・K)] とすると、メタノールの燃焼で発生する熱(1時間あたり)をすべて用いた場合に排出できる水の質量は最大で何 kg か。 Q , c , T および数値を用いて表しなさい。ただし、雪は純粋な氷からなるものとする。また、数値の有効数字は3桁とする。

化学基礎・化学

- (7) 燃焼装置での燃焼に必要な酸素は、空気として供給している。酸素の供給量は、メタノールを完全に燃焼させるだけの量が必要である一方、あまりに過剰だと燃焼のためのコストに影響するので、メタノールの燃焼に過不足なく必要な量からみてやや過剰な量（過不足なく反応する量の 1.1 倍程度の量）に設定する。

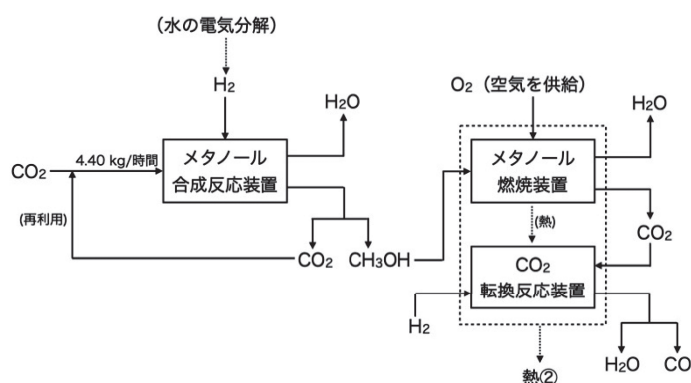
空気の組成を、物質質量比で酸素 20%，窒素 80% とする。空気を理想気体として、1 時間あたりの燃焼に必要な圧力 P [Pa]，温度 T [K] における空気の体積 V [L] を、 P ， T ，気体定数 R [Pa・L/(mol・K)] を用いて

$$V = \frac{RT}{P} \times (\quad)$$

と表す場合、空欄に当てはまる適切な数値は次のうちどれか。次の a～d から一つ選びなさい。

- a. 100 b. 200 c. 400 d. 1000

- (8) 燃焼装置から取り出される二酸化炭素を、水素との反応で一酸化炭素と水に転換する工程を追加した場合について考える（下図）。この場合、燃焼で生じる熱の一部を転換反応装置での反応のために利用でき、また製品として価値がある一酸化炭素も得られる。二酸化炭素と水素から一酸化炭素と水が生じる反応の反応エンタルピーは一酸化炭素 1 mol あたり 41.0 kJ である（二酸化炭素と水素から一酸化炭素と水が生じる反応の反応熱は、一酸化炭素 1 mol あたり -41.0 kJ である）。1 時間あたりに燃焼装置 + 転換反応装置の全体から得られる熱量 [kJ]（図中の②）



を有効数字 3 桁で求めなさい。なお、転換反応装置での反応は可逆反応であるが、装置は逆反応が無視できる条件で作動しているとする。

化学基礎・化学

3. 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。アボガドロ定数は $6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$ とする。必要であれば次の原子量を用いなさい。Na = 23.0, Cl = 35.5

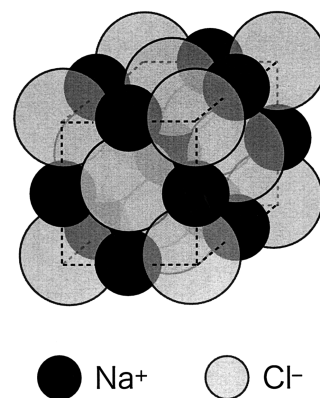
元素の周期表の1族元素のうち、水素を除く元素を（ア）という。これらの原子は価電子を1個もち、1価の陽イオンになりやすい。この傾向は、原子番号が大きくなるほど強くなる。

（ア）の単体は、反応性に富み、室温で酸素や塩素と直ちに化合物をつくり、a) 水と激しく反応する。また、室温で密度の小さい銀白色の固体であり、比較的柔らかく、b) 融点は低い。（ア）はイオン化傾向が大きいので、天然では単体として存在せず、イオン結晶の化合物をつくる。c) ナトリウムの多くは岩塩(塩化ナトリウム, NaCl)として存在する。

d) 塩化ナトリウム飽和水溶液にアンモニアを十分に溶かし、これに二酸化炭素を通じると、水に比較的溶けにくい炭酸水素ナトリウム（A）の沈殿が生成する。この沈殿を熱分解すると、炭酸ナトリウムが得られる。このような炭酸ナトリウムの工業的製法は（イ）法と呼ばれ、反応後に生じるアンモニアと二酸化炭素は回収・再利用される。炭酸ナトリウム水溶液を加熱して濃縮すると無色の炭酸ナトリウム十水和物（B）の結晶が析出する。結晶中で決まった位置を占め、一定の割合で存在している水分子を（ウ）という。また、炭酸ナトリウム十水和物の結晶は、空気中で放置すると（ウ）が蒸発し、炭酸ナトリウム一水和物の白色粉末に変化する。この現象を（エ）という。

- (1) 文中の（ア）～（エ）に入る適切な語句を記しなさい。
- (2) 文中の（A）～（B）に入る適切な化学式を記しなさい。
- (3) 下線部 a) について、ナトリウムと水の反応を化学反応式で示しなさい。
- (4) 下線部 b) について、1族元素である ${}_3\text{Li}$, ${}_{11}\text{Na}$, ${}_{19}\text{K}$ を、融点が低い順に並べなさい。
- (5) 下線部 c) の塩化ナトリウムの結晶（右図）について、以下の問いに答えなさい。

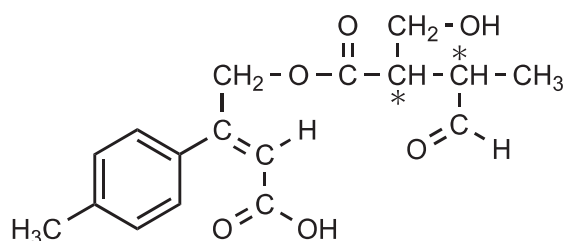
- (ア) 結晶中で、 Na^+ と Cl^- が互いに引き合う力は何か答えなさい。
- (イ) 結晶中で、 Na^+ の配位数はいくつか答えなさい。
- (ウ) 単位格子内に存在する Na^+ と Cl^- の数をそれぞれ答えなさい。
- (エ) 単位格子の1辺の長さは $5.6 \times 10^{-8} \text{ cm}$ である。この結晶の密度 $[\text{g}/\text{cm}^3]$ を有効数字2桁で求めなさい。



- (6) 下線部 d) の変化を化学反応式で示しなさい。

化学基礎・化学

4. 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。構造式は、下記の例にならって記しなさい。ただし、
*は不斉炭素原子を表す。必要であれば次の原子量を用いなさい。H = 1.0, C = 12.0, O = 16.0,
Na = 23.0, I = 127.0



例

有機化合物に特有の性質を与える原子団を（ア）という。アルコールは、分子中のヒドロキシ基の数により、1価アルコール、2価アルコール、3価アルコールに分類される。アルコールは、様々な分子に変換することができるため、種々の用途がある重要な有機化合物である。1価アルコールであるエタノールは、触媒を用いて（イ）に水を付加させることで得られる。また、塩化パラジウム(II)と塩化銅(II)を触媒に用いた、（イ）の酸化反応により生成する（ウ）を還元することでも得られる。最近では、バイオエタノールが地球温暖化防止対策や石油代替燃料として注目されている。バイオエタノールは、トウモロコシなどの生物資源に含まれる^{a)}グルコースを発酵させて作られる。エタノールを130～140℃に加熱した濃硫酸に加えると、分子間で（エ）反応が起こり（オ）結合を持つ（カ）が生成する。また、エタノールを酸化すると（キ）基を持つ酢酸が生成する。さらに、酢酸とエタノールを混合し、触媒として濃硫酸を加えて加熱すると（ク）結合を持つ（ケ）が生成する。^{b)}化合物Aが（ク）結合したある種の高分子化合物は、半導体フォトリソ材料（感光性樹脂）として使用される。

一方、^{c)}2価アルコールであるエチレングリコールをテレフタル酸と（コ）重合させると（サ）が得られる。また、3価アルコールであるグリセリンを高級脂肪酸と脱水縮合させると（シ）とよばれる化合物が得られる。不飽和の度合いが大きい（シ）は、常温で（ス）のものが多く、（セ）とよばれる。^{d)}（シ）に水酸化ナトリウムなどの塩基を加えて加熱すると、高級脂肪酸の塩とグリセリンを生じる。

- (1) 文章中の（ア）～（セ）にあてはまる適切な語句を答えなさい。ただし、同じ語句を二度使用してはいけません。

- (2) （ウ）を示性式で示しなさい。

- (3) (ウ) にフェーリング液を加えて加熱すると赤色の沈殿が生じた。この沈殿の化学式を示しなさい。
- (4) 下線部 a) の化学反応式を示しなさい。
- (5) 下線部 b) の化合物 A は芳香族化合物で、分子量 148.0 であり、その元素分析による成分元素の質量百分率は、炭素 73.0%、水素 5.4%、酸素 21.6% であった。化合物 A には二種類のシス-トランス異性体が存在することがわかった。さらに、化合物 A の溶液に炭酸水素ナトリウム水溶液を加えると二酸化炭素が発生した。化合物 A の二種類のシス-トランス異性体の構造式をそれぞれ示しなさい。
- (6) 下線部 c) に関して、分子量 1.92×10^5 の (サ) 1 分子に、(ク) 結合が何個含まれているかを有効数字 2 桁で求めなさい。
- (7) ある 1 種類の不飽和脂肪酸からなる (シ) を化合物 B とする。下線部 d) の反応で 43.6 g の化合物 B をけん化するために、水酸化ナトリウム 6.00 g を要した。化合物 B の分子量を有効数字 3 桁で求めなさい。また、化合物 B 1 mol に付加できるヨウ素は何 g かを有効数字 3 桁で求めなさい。