

令和 8 年度 (前期日程)

入学者選抜学力検査問題

化 学

〔注意事項〕

1. 問題冊子が 1 冊，解答用冊子が 1 組配られていることを確認しなさい。
2. 監督者の指示があるまで，問題冊子および解答用冊子を開いてはいけません。
3. 問題冊子は 10 ページから，また，解答用冊子は，解答用紙 4 枚と下書用紙 4 枚からなっています。解答開始の合図があったら，すぐに両方の冊子を確認しなさい。
落丁・乱丁および印刷の不鮮明な箇所などがあれば，手をあげて監督者に知らせなさい。
4. 各解答用紙には，受験番号を記入する欄が **2 箇所** あります。各解答用紙にある 2 箇所の受験番号記入欄の両方に「**本学の受験番号**」を忘れずに記入しなさい。
(合計 8 箇所に受験番号を記入することになります。)
5. この問題冊子の 1 ページ目に「**解答に必要な注意事項**」が書いてあります。それをよく読んでから，解答しなさい。
6. **解答は，解答用紙の指定された場所(問題番号と一致した場所)に記入しなさい。指定された場所以外への解答は採点対象外です。**
7. 解答用紙は，持ち帰ってはいけません。
8. 問題冊子と下書用紙は，持ち帰りなさい。

問題訂正

1. 科目等名 化学

2. 訂正箇所及び訂正内容

問題冊子 2 ページ

I 問 2 4 行目

【誤】 …… 沸点が，他の周期の…

↓

【正】 …… 沸点が，第3周期の…

[解答に必要な注意事項]

1. SI 単位以外の単位の意味

$$1 \text{ L} = 1 \text{ dm}^3 = 10^3 \text{ cm}^3$$

2. 問題の計算に必要な場合, 次の原子量を用いよ。

原子量 : H = 1.0, Li = 6.9, C = 12, N = 14, O = 16,

S = 32, K = 39, Mn = 55, Co = 59, Cu = 64

I 次の文を読んで、問1～問6に答えよ。

(配点率 25%)

自然界に存在する多くの物質は、混合物として存在する。物質の性質の違いを利用して、混合物から目的の物質を分けて取り出す操作を分離という。分離には様々な方法があり、含まれる物質の性質に応じて、適切な方法が選択される。

溶液を加熱して発生した蒸気を冷却することにより、もとの溶液から目的とする液体を分離する操作を(ア)という。沸点が非常に高く、その温度まで加熱すると分解する物質は、しばしば大気圧よりも(イ)圧力下で(ア)することで、より低い温度で分離される。また2種類以上の液体の混合物を、沸点の違いを利用して、(ア)により各成分に分離する操作を特に(ウ)という。(ウ)は、石油化学工業の基礎製品の原料となるナフサなどを、原油から得るのに利用される。

固体が液体を経ずに直接気体になる変化を(エ)という。この変化を利用して、固体どうしの混合物から、(エ)しやすい物質を分離することができる。この方法では、混合物を加熱することにより生じた気体を冷却することで、気化した物質を固体として回収することが可能であり、その固体は分子結晶として得られることが多い。混合物から目的とする物質を固体として取り出す他の分離方法として、物質の温度による溶解度の違いを利用して分離する(オ)がある。

さらに、物質の電荷の違いを利用した分離方法もある。直流電圧をかけた溶液中で、溶液中の物質が陽極側または陰極側に移動する現象である(カ)を応用した方法はそのひとつである。この方法は、例えば、複数種類のアミノ酸を含む混合物の分離に利用することができる。また、イオン交換樹脂は、水溶液中のイオンを、同符号の電荷をもった別のイオンと交換する機能をもつ合成樹脂であり、この機能により、不純物イオンの分離・除去が行われる。

問1 文中の(ア)～(カ)に最も適した語句を書け。ただし、(イ)は解答欄のいずれかの語句を○で囲め。

問2 下線部①に関して、以下の問(a)および(b)に答えよ。ただし、ある1種類の元素1原子と水素原子のみから構成される安定な化合物を水素化合物とする。

(a) 一般的には、分子量が大きくなると沸点も高くなる傾向がある。しかし、15、16、17族元素の水素化合物では、第2周期の水素化合物の沸点が、他の周期の水素化合物よりも高い。この理由を説明せよ。

(b) 第3周期から第5周期の元素について、同じ周期内の14族元素と17族元素の水素化合物の沸点を比較する。分子量が近いにも関わらず、17族元素の水素化合物の沸点が、14族元素の水素化合物よりも高い。この理由を説明せよ。

問 3 下線部②に関して、次の物質が結晶として存在するとき、その結晶が分子結晶に分類されるものをすべて選び、(1)～(7)の番号で答えよ。適切なものがない場合は、なしと答えよ。

- (1) ナフタレン (2) ヨウ化カリウム (3) 二酸化炭素 (4) 水
 (5) 二酸化ケイ素 (6) フッ化カルシウム (7) アルミニウム

問 4 下線部③に関して、硫酸銅(Ⅱ) CuSO_4 の溶解度を調べたところ、図1に示す溶解度曲線が得られた。この図をもとに、以下の問(a)および(b)に答えよ。

- (a) 質量パーセント濃度が20%の硫酸銅(Ⅱ)水溶液を調製するには、溶液を何℃以上にする必要があるか。整数値で答えよ。
 (b) 60℃の硫酸銅(Ⅱ)の飽和水溶液350gを20℃に冷却すると、硫酸銅(Ⅱ)五水和物 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 結晶が析出した。析出した結晶の質量[g]を求め、有効数字2桁で答えよ。計算過程も示せ。

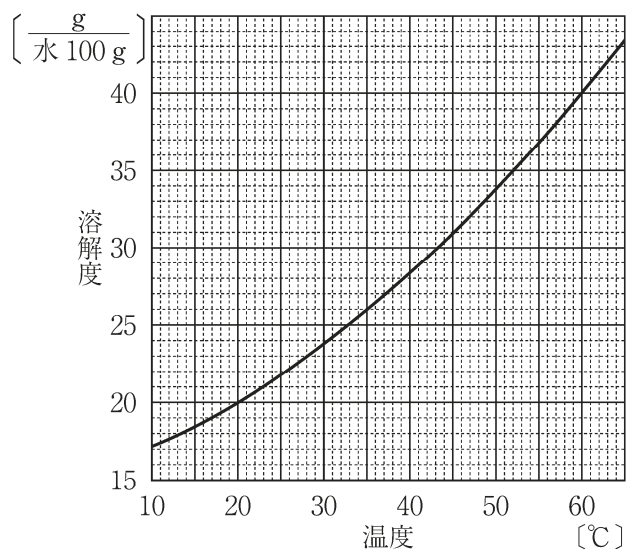


図1 硫酸銅(Ⅱ) CuSO_4 の溶解度曲線

問 5 下線部④に関して、下記のアラニン、グルタミン酸、およびリシンの3種類のアミノ酸を含む混合物から、それぞれのアミノ酸を分離する実験を行った。これら3種類のアミノ酸を溶解した水溶液を、pH 6.0の緩衝液で湿らせた長方形のろ紙の中心部に滴下し、ろ紙の両端に直流電圧を一定時間かけた。その後、

ニンヒドリン水溶液をろ紙に噴霧し、加熱したところ、**図2**に示すように、ろ紙の3か所に、変色部(i)~(iii)が現れた。それぞれの変色部に対応するアミノ酸の名称を答えよ。

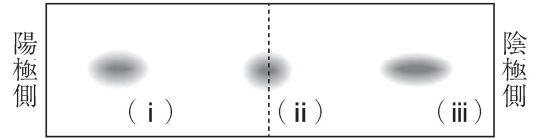
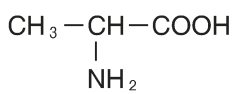
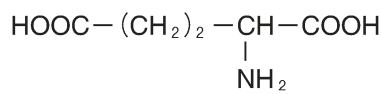


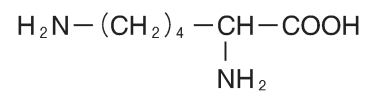
図2 アミノ酸分離の実験結果



アラニン



グルタミン酸

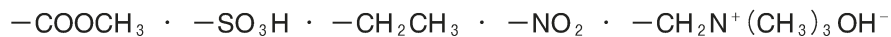


リシン

問 6 下線部⑤に関する次の文を読み、以下の問(a)および(b)に答えよ。

スチレンに少量の *p*-ジビニルベンゼンを加えて共重合させると、三次元網目構造をもつ高分子化合物が得られる。この高分子化合物に、(あ)を導入すると陽イオン交換樹脂が、(い)を導入すると陰イオン交換樹脂が、それぞれ得られる。両樹脂を混合してカラムに詰め、水道水を通じると、水道水に含まれる不純物イオンを取り除くことができる。しかし、水道水を流し続けると、やがて不純物イオンを除去する能力が低下する。

(a) (あ)および(い)に適した官能基を、以下の中から選択し、その示性式を書け。



(b) 不純物イオンを除去する能力が低下した陽イオン交換樹脂および陰イオン交換樹脂を再生させるための方法を、それぞれ簡単に説明せよ。

II 次の文を読んで、問1～問5に答えよ。

(配点率 25%)

物質間の電子の授受を伴う酸化還元反応を利用して、(ア)エネルギーを電気エネルギーに変換する装置を電池という。電池には、放電により低下した起電力を回復させることができない一次電池と、放電と逆向きに電流を流すことで起電力を回復させることができる、いわゆる充電可能な二次電池がある。

1800年に、図1で示される一次電池であるボルタ電池が開発された。ボルタ電池は、イオン化傾向が異なる亜鉛と銅をそれぞれ負極と正極に用い、それらを電解液である希硫酸に浸し、導線で接続すると電気が流れる仕組みである。放電とともに、亜鉛電極では亜鉛が電解液に溶け出し、銅電極では(イ)が発生して外部に放出される。そのため、ボルタ電池における酸化還元反応は、(ウ)反応であり、逆向きに電流を流しても起電力は回復しない。

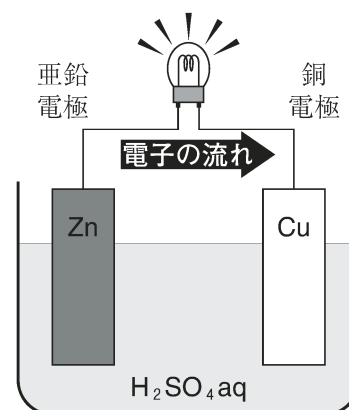


図1 ボルタ電池の模式図

マンガン乾電池は、負極に(エ)、正極にマンガン化合物を用い、塩化亜鉛と塩化アンモニウムを含む電解液をペースト状にしてもち運びやすくした電池である。しかし、マンガン乾電池もまた、逆向きの電流を流すと塩素などが発生し、充電できない。

リチウムは、イオン化傾向が最も(オ)、全元素中、水素に次いで小さなイオン半径をもつ元素である。そのため電池に利用すると、ニッケルカドミウム電池や鉛蓄電池と比べて、高い起電力を示し、単位体積当たりの容量が大きくなる。二次電池であるリチウムイオン電池は、図2に示すように、負極にはリチウムを含む層状構造の黒鉛が、正極には層状構造をもつコバルト酸リチウムが使われており、それぞれ LiC_6 および $\text{Li}_{(1-x)}\text{CoO}_2$ と表すことができる。放電させる場合、負極では、式(1)に示すように、 LiC_6 の形で取り込まれていたリチウムイオン (Li^+) が放出される。放出されたリチウムイオンは正極に移動し、正極では式(2)に示す反応が生じる。ただし、 x は0～1の実数である。リチウムイオンは、電解液を介して両極間を移動する。充電する時は、電子 e^- を受けとった黒鉛にリチウムイオンが取り込まれるため、リチウムは金属として析出しない。このように、リチウムイオン電池で起こる酸化還元反応は、(カ)反応となる。

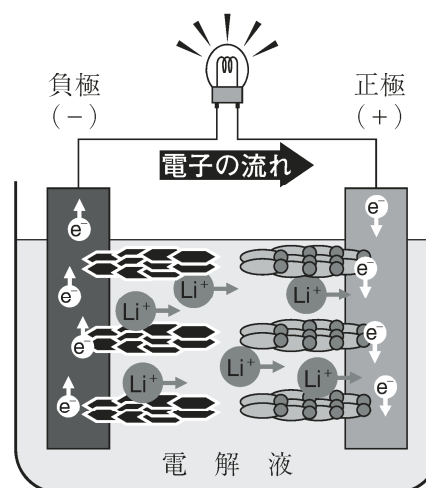
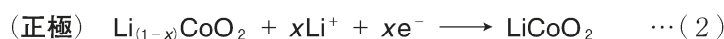
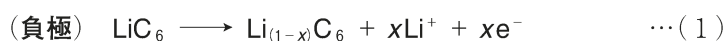


図2 リチウムイオン電池の模式図



問 1 文中の(ア)～(カ)にあてはまる適切な語句を書け。ただし、(ウ)、(オ)、および(カ)は解答欄のいずれかの語句を○で囲め。

問 2 ボルタ電池に関して、下線部①の亜鉛電極および銅電極のそれぞれで主に起こる反応を、電子 e^- を用いた反応式で表せ。

問 3 下線部②に関して、以下の文を読んで、問(a)～(c)に答えよ。

過マンガン酸カリウム KMnO_4 を酸化剤として用いた場合、中性または塩基性条件では、過マンガン酸イオンの還元は、4 価のマンガン化合物を析出して停止する。一方、酸性条件では、過マンガン酸イオンからマンガン(II)イオンにまで還元される。たとえば水溶液に溶解しているシュウ酸 $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$ が、過マンガン酸カリウムによって酸化分解されるとき反応は、式(3)で表される。



- (a) 下線部④において、析出する 4 価のマンガン化合物の名称と化学式を答えよ。
- (b) 下線部⑤の反応について、電子 e^- を含む反応式を書け。
- (c) 式(3)の酸化反応において、0.90 g のシュウ酸の酸化分解を行うために必要な過マンガン酸カリウムの質量[g]を計算し、有効数字 2 桁で答えよ。計算過程も示せ。

問 4 下線部③の黒鉛に関して、以下の文中の(あ)～(え)にあてはまる適切な語句または数字を書け。

黒鉛は、炭素原子の(あ)個の価電子のうち(い)個を共有結合に使い、六角形の網目状の平面構造となっている。平面構造どうしは(う)力で弱く結びついて層状構造を形成する。炭素の残りの価電子は平面構造の中を自由に移動できるため、黒鉛は(え)性をもつ。

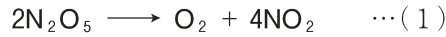
問 5 充電率が 100% から 50% になるまで放電するとき、0.10 mol のリチウムイオンが負極から正極に移動するリチウムイオン電池がある。充電率が 100% の状態にあるこの電池を用いて、0.60 A の電流が一定に流れる扇風機を一定時間動かしたところ、充電率が 75% になった。以下の問(a)および(b)に答えよ。ただし、ファラデー定数は $9.6 \times 10^4 \text{ C/mol}$ とする。

- (a) 放電された電気量[C]を求め、有効数字 2 桁で答えよ。計算過程も示せ。
- (b) 扇風機は何秒間動作したか、有効数字 2 桁で答えよ。計算過程も示せ。

Ⅲ 次の文を読んで、問1～問3に答えよ。

(配点率 25%)

気体の五酸化二窒素 N_2O_5 は、温度を上げると分解して、式(1)のように、酸素 O_2 と二酸化窒素 NO_2 を生じる。



下の図は、モル濃度 0.020 mol/L の N_2O_5 が 330 K で分解した場合の、反応時間[s]に対する N_2O_5 のモル濃度 $[\text{N}_2\text{O}_5]$ の変化のグラフである。ここで、時刻 t_1 から t_2 までの時間で、 N_2O_5 のモル濃度が $[\text{N}_2\text{O}_5]_1$ から $[\text{N}_2\text{O}_5]_2$ に減少したとすると、 N_2O_5 が分解するときの平均の反応速度 $\bar{v}_{\text{N}_2\text{O}_5}$ は、式(2)のように表される。

$$\bar{v}_{\text{N}_2\text{O}_5} = - \frac{[\text{N}_2\text{O}_5]_2 - [\text{N}_2\text{O}_5]_1}{t_2 - t_1} = - \frac{\Delta[\text{N}_2\text{O}_5]}{\Delta t} \quad \dots(2)$$

ここで、 $\Delta[\text{N}_2\text{O}_5]$ は N_2O_5 のモル濃度の変化量、 Δt は反応時間 $t_2 - t_1$ を表す。 t_2 を限りなく t_1 に近づけると、式(2)の最右辺の Δt は限りなく 0 に近づき、 $\bar{v}_{\text{N}_2\text{O}_5}$ は、時刻 t_1 における N_2O_5 の分解の瞬間的な反応速度 $v_{\text{N}_2\text{O}_5}$ となり、式(3)のように表される。

$$v_{\text{N}_2\text{O}_5} = - \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta[\text{N}_2\text{O}_5]}{\Delta t} = - \frac{d[\text{N}_2\text{O}_5]}{dt} \quad \dots(3)$$

一方、 N_2O_5 が分解するときの反応速度は、実験によって、それぞれの時刻における $[\text{N}_2\text{O}_5]$ に比例することがわかっている。これにより、 $v_{\text{N}_2\text{O}_5}$ は比例定数 k を用いて以下の式(4)で表すことができる。

$$v_{\text{N}_2\text{O}_5} = k[\text{N}_2\text{O}_5] \quad \dots(4)$$

なお、この比例定数 k は反応速度定数と呼ばれ、単位をもつ。式(3)と式(4)は、ともに N_2O_5 が分解するときの反応速度を表しているため、2つの式は等号で結ばれる。その結果、ある時刻 t における N_2O_5 のモル濃度 $[\text{N}_2\text{O}_5]_t$ は、時刻 0 s における N_2O_5 のモル濃度(初濃度) $[\text{N}_2\text{O}_5]_0$ と自然対数の底 e を用いて、式(5)のように表すことができる。

$$[\text{N}_2\text{O}_5]_t = [\text{N}_2\text{O}_5]_0 \times e^{-kt} \quad \dots(5)$$

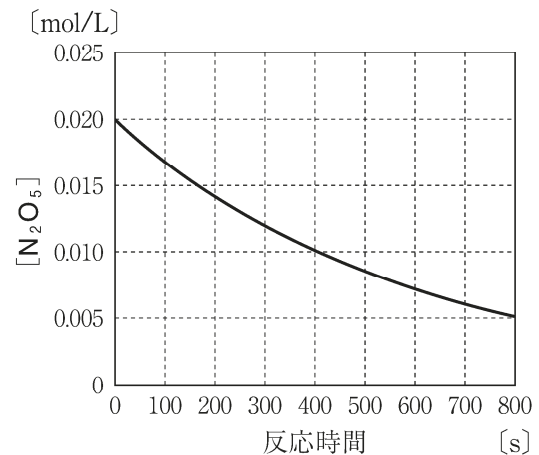


図 モル濃度 0.020 mol/L の N_2O_5 が 330 K で分解した場合の反応時間[s]に対する $[\text{N}_2\text{O}_5]$ の変化

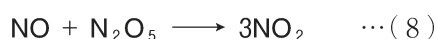
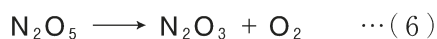
問 1 下線部①について、以下の問(a)~(c)に答えよ。

- (a) NO_2 の色について、解答欄の適切なものを1つ選び、○で囲め。
 (b) NO_2 と H_2O との反応を表す化学反応式を書け。
 (c) NO_2 の「におい」、 「捕集方法」、 および「水溶液の性質」について、解答欄の適切なものを1つ選び、○で囲め。

問 2 式(5)について、以下の問(a)~(d)に答えよ。

- (a) N_2O_5 のモル濃度が初濃度の半分になるまでの時間 $T_{1/2}$ を、反応速度定数 k を用いて答えよ。計算過程も示せ。必要に応じて $\log_e 2 = 0.693$, $\log_e 5 = 1.609$ を用いよ。
 (b) 問(a)と図を参考にして、330 K における N_2O_5 の分解の反応速度定数 k_{330} を有効数字2桁で求め、単位もつけて答えよ。計算過程も示せ。単位は該当する解答欄の〔 〕の中に入れ。
 (c) N_2O_5 のモル濃度が初濃度の $1/8$ になるまでの時間 $T_{1/8}$ を、 $T_{1/2}$ を用いて表せ。計算過程も示せ。
 (d) 330 K 以上のある温度で N_2O_5 が分解した場合の反応速度定数は、330 K で N_2O_5 が分解した場合の反応速度定数 k_{330} の2倍になった。この温度で初濃度 0.020 mol/L の N_2O_5 が分解した場合、反応時間に対する $[\text{N}_2\text{O}_5]$ はどのように変化するかを解答欄のグラフに描け。なお、参考として、解答欄のグラフには、初濃度 0.020 mol/L の N_2O_5 が 330 K で分解した場合の反応時間に対する $[\text{N}_2\text{O}_5]$ の変化の様子を、破線で示している。

問 3 式(1)で表される N_2O_5 の分解反応は、次のような3つの反応を経て進行することがわかっている。



下の表には、式(6)~(8)にあらわれる窒素酸化物の、330 K における生成エンタルピーが与えられている。表の値を用いて、式(6)~(8)のそれぞれの反応の反応エンタルピーを、有効数字2桁で求めよ。計算過程も示せ。また、式(6)~(8)のそれぞれの反応は、発熱反応になるか、吸熱反応になるか、解答欄のいずれかを○で囲め。

表 330 K における窒素酸化物の生成エンタルピー

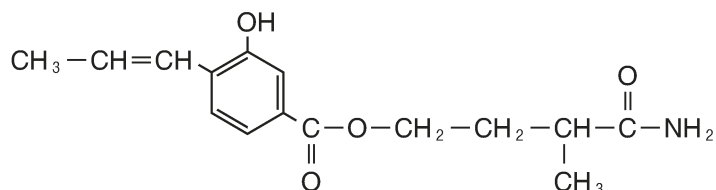
	生成エンタルピー [kJ/mol]
N_2O_5	11
N_2O_3	83
NO	90
NO_2	33

IV

次の文を読んで、問1～問7に答えよ。化合物の構造式は、記入例にならって書け。

(配点率 25%)

構造式の記入例



分子式が C_9H_{12} で表される芳香族化合物は8種類ある。これらをベンゼン環に結合する置換基の数で分類すると、一置換体が **A**, **B** の2種類、二置換体が **C**, **D**, **E** の3種類、三置換体が **F**, **G**, **H** の3種類となる。これらの芳香族化合物に関連して、以下の5つの実験を行った。

実験1 **A** を酸素によって酸化し、その後、硫酸を用いて分解したところ、化合物 **I** と **J** が得られた。**I** の水溶液に、塩化鉄(III)水溶液を加えると、紫色に呈色した。

実験2 **C** ならびに **E** を過マンガン酸カリウム水溶液と反応させて酸化反応を行ったところ、**C** からは化合物 **K** が、**E** からは化合物 **L** が得られた。**K** ならびに **L** は、いずれも同じ分子式 $C_8H_6O_4$ をもつ酸性の物質であった。**K** を加熱すると、分子内で脱水反応が進行した。一方、**L** とエチレングリコールを縮合重合させると、ペットボトルなどの素材である高分子化合物が得られた。

実験3 **F**, **G**, **H** に対して塩素化を行い、ベンゼン環に結合する水素原子の1つが塩素原子で置換された生成物を調べたところ、**F** からは2種類、**G** からは3種類の構造異性体が見られることがわかった。一方、**H** からは1種類の生成物だけが得られた。

実験4 **I** に単体のナトリウムを加えたところ、気体の発生とともに化合物 **M** が得られた。この **M** に、高温・高圧のもとで二酸化炭素を反応させ、その後、希硫酸を加えたところ、化合物 **N** が得られた。**N** にメタノールと濃硫酸を加えて加熱すると、消炎鎮痛剤として用いられる化合物 **O** が得られた。

実験5 氷で冷却しながら、アニリンの希塩酸溶液に亜硝酸ナトリウム水溶液を加え、しばらくかくはんした。この反応溶液に **M** の水溶液を加えたところ、橙赤色の化合物 **P** が得られた。

問 1 化合物 A~H の構造式を書け。

問 2 化合物 J に、ヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて反応させると、黄色の沈殿が生成した。この沈殿の分子式ならびに名称を書け。

問 3 以下の記述のなかで、化合物 J に関する正しいものをすべて選んで、(1)~(6)の番号で答えよ。正しいものがない場合は、なしと答えよ。

- (1) 無色，不揮発性の液体である。
- (2) 水と任意の割合で混ざり合い，その水溶液は弱酸性を示す。
- (3) 酢酸カルシウムの熱分解(乾留)によって得られる。
- (4) 工業的には，プロペンの直接酸化によって得られる。
- (5) フェーリング液を加えて加熱すると，赤色沈殿が生じる。
- (6) 同じ分子式をもつ構造異性体のうち，環状構造をもつ異性体は2種類である。

問 4 下線部①に関して，得られた高分子化合物の分子量が 9.6×10^4 であるとき，この高分子化合物の重合度を有効数字2桁で求めよ。

問 5 下線部②に関して，化学反応式を書け。

問 6 下線部③に関して，以下の問(a)および(b)に答えよ。

- (a) 化学反応式を書け。
- (b) N と同じ物質量のメタノールを加える場合と比べて，N よりも過剰な物質量のメタノールを加える場合，生成する化合物 O の物質量はどのように変化するか，解答欄の「増加」，「減少」，「変化なし」のいずれかを選択し，○で囲め。また，その理由を書け。

問 7 化合物 P の構造式を書け。

(以 上)