

令和6年度入学試験問題

理 科

	ページ
物 理.....	1～19
化 学.....	20～35
生 物.....	36～49
地 学.....	50～60

注 意 事 項

試験開始後、選択した科目の問題冊子及び解答用紙のページを確かめ、落丁、乱丁あるいは印刷が不鮮明なものがあれば新しいものと交換するので挙手すること。

1. 試験開始の合図があるまで問題冊子を開かないこと。
2. 試験開始後は、すべての解答用紙に受験番号（2か所）・氏名を記入すること。
3. 解答は、必ず解答用紙の指定されたところに記入すること。
4. 解答する数字、文字、記号等は明瞭に書くこと。
5. 解答用紙は持ち出さないこと。

化 学

必要があれば、次の値を用いよ。原子量：H = 1.0, C = 12, O = 16, K = 39,
Cl = 35.5, Br = 80。

1 次の文章を読み、問1～問7に答えよ。

液体に他の物質が混合し、拡散によって均一な混合物になることを **ア** という。他の物質を溶かす液体のことを **イ**，溶けた物質のことを **ウ** という。**イ** には、水やエタノールに代表される極性分子からなるものと、ヘキサンやベンゼンに代表される無極性分子からなるものがあり、溶かしたい物質によって選択する必要がある。また、混合物は含まれる成分やその割合によって性質が変化する。例えば純水は標準大気圧(1.013×10^5 Pa)下において0℃で凝固するが、飽和食塩水は-22℃を下回らないと凝固し始めない。この現象を凝固点降下といい、純粋な **イ** と溶液の凝固点の差を凝固点降下度という。濃度の小さい溶液における凝固点降下度は溶液の質量モル濃度に比例することから、溶液中の物質の分子量を求めることができる。

問1 **ア** ～ **ウ** に入る適切な語句を記せ。

問2 下線部①に関して、図1に示す構造の化合物は水に溶けやすい。その理由について30字以内で述べよ。

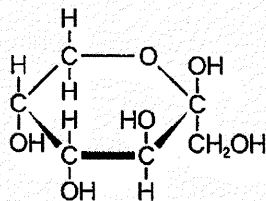


図1

問 3 次の物質(あ)～(お)のうち、水に溶けにくいものを2つ選び、記号で答えよ。

(あ) CuCl_2 (い) I_2 (う) H_2SO_4 (え) KI (お) CH_4

問 4 ある水溶液の凝固点を調べるため、水溶液を冷却しながら温度を記録したところ、図2のようになった。次の問いに答えよ。

- (1) 図中の(あ)～(え)の温度のうち、この水溶液の凝固点はどれか。記号で答えよ。
- (2) 凝固点以下になっても水溶液が凝固しない状態を何というか。
- (3) 図中の点 AB 間で温度が下がり続ける理由を 30 字以内で述べよ。

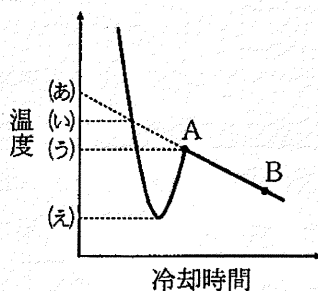


図 2

問 5 0.60 mol/L の塩化カリウム水溶液 1.0 L を調製する際の内容について述べた文章(あ)～(お)のうち、誤った操作について述べたものを2つ選び、記号で答えよ。

- (あ) ビーカーに水を 1.0 L 用意し、塩化カリウム粉末をかくはんしながら加える。
- (い) 液量を調整する際は、メスフラスコの標線に液面の底部を合わせる。
- (う) メスフラスコにビーカー内の溶液を移す際は、移した後のビーカー内を少量の水で数回洗い、その洗液もメスフラスコに移す。
- (え) 計り取る塩化カリウム粉末の量は 74.5 g である。
- (お) メスフラスコの標線に液面を合わせる際は、^{こまごめ}駒込ピペットを使用して微調整することが望ましい。

問 6 下線部②に関して、次に示す(あ)～(う)の水溶液を凝固点の低い順に左から順に並べよ。ただし、電解質は全て電離するものとする。

- (あ) 0.30 mol/kg のグルコース水溶液
- (い) 0.15 mol/kg の塩化カルシウム水溶液
- (う) 0.20 mol/kg の硝酸カリウム水溶液

問 7 下線部②に関して、ある非電解質の化合物 5.0 g を水 200 g に溶かした水溶液の凝固点を測ると、 -0.25°C であった。この化合物の分子量を整数値で求めよ。ただし、水のモル凝固点降下 $K_f [\text{K}\cdot\text{kg/mol}]$ は 1.85 とし、解答欄には計算の過程を含めて記入せよ。

2 次の文章Ⅰおよび文章Ⅱを読み、問1～問6に答えよ。

(文章Ⅰ)

現代社会において、我々は様々な金属を利用している。その中で、鉄は資源が豊富で比較的安価であるため、金属の中で最も生産量が多い。ただし、鉄はさびやすいため、長く利用するために様々な処理が施される。例えば、クロムやニッケルを混ぜてさびにくくした合金を **ア** といい、^{ちゅうぼう}厨房用品など様々な用途に用いられている。また、鉄の表面をクロムめっきすることによっても鉄の酸化を防ぐことができ、水道の蛇口などの耐食性を高めることができる。

一方、アルミニウムは、軽くて柔らかいため、加工しやすい。アルミニウムに銅やマグネシウムなどを適量添加した合金は強度が非常に高くなるため、航空機や車両などの材料として使うことができる。このアルミニウム合金は、一般に **イ** と呼ばれる。アルミニウムは、空気中では、それ自身の表面に緻密な酸化被膜が生じて内部の酸化を防ぐ。その性質を利用して、アルミニウムの表面に人工的に酸化被膜をつけた製品を **ウ** という。なお、^{ちみつ}アルミニウムは亜鉛とともに両性金属として知られており、酸や強塩基と反応する。

鉄やアルミニウムに次いで生産量が多い銅は、展性や延性に富み、電気や熱の伝導性が高いことから、導電材料や調理器具などに利用される。乾いた空気中では比較的さびにくいですが、湿った空気中では徐々にさびて **エ** を生じる。銅を主元素とする合金も多く存在する。例えば、銅を主成分として亜鉛を添加した合金を **オ** といい、楽器や硬貨などに利用されている。一方、銅を主成分としてスズを添加した合金は **カ** と呼ばれ、銅像などに利用されている。

(文章Ⅱ)

金属以外の無機物質を様々な方法で固めることでつくられる固体材料をセラミックスといい、金属とともに我々の生活に欠かせない材料の一つとなっている。そのなかで、粘土や長石、ケイ砂(石英)などの混合物を約1300℃以上の高温で焼き固めたものを **キ** という。波佐見焼や三川内焼、有田焼が代表例であり、吸水性はほとんどなく、薄い製品は透光性を示す。一方、**ク** は

似たような原料から約 1300℃以下の温度で作られる。唐津焼などが代表例であり、吸水性はあるが透光性はほとんどない。

建築材料にもセラミックスは利用されている。石灰石、粘土、セッコウからつくられ、水と反応して硬化する材料を **ケ** といい、建築材料にはもちろんのこと様々な用途に利用されている。なお、**ケ** に砂や小石、水を加えて固めたものが **コ** である。

問 1 文章 I の **ア** ～ **カ** に入る適切な語句を(あ)～(こ)から選び、それぞれ記号で答えよ。

- | | |
|--------------|---------------|
| (あ) アルマイト | (い) 黄銅(しんちゅう) |
| (う) ジュラルミン | (え) ステンレス鋼 |
| (お) 青銅(ブロンズ) | (か) ニクロム |
| (き) 白銅 | (く) はんだ |
| (け) 洋銀 | (こ) 緑青 |

問 2 下線部①について、鉄にめっきされたクロムの表面では大気中で緻密な酸化被膜が生じ、内部が保護されている。このような状態を何というか答えよ。

問 3 クロムの化合物の 1 つである二クロム酸カリウムは、水に溶かすと橙赤色の二クロム酸イオンを生じる。この水溶液を塩基性にして黄色のクロム酸イオンが生じる反応を、イオン反応式で記せ。

問 4 下線部②について、亜鉛を高濃度の塩酸および水酸化ナトリウム水溶液に入れた際に生じるそれぞれの反応を、化学反応式で記せ。

問 5 アルミニウムに酸化鉄(Ⅲ)を混ぜて点火すると、多量の熱を発生して激しく反応し、鉄の単体が得られる。この反応を熱化学方程式で記せ。なお、酸化アルミニウム Al_2O_3 の生成熱は 1676 kJ/mol 、酸化鉄(Ⅲ) Fe_2O_3 の生成熱は 824 kJ/mol である。

問 6 文章Ⅱの キ ～ コ に入る適切な語句を(あ)～(か)から選び、それぞれ記号で答えよ。

- | | | |
|--------------|--------|--------------|
| (あ) コンクリート | (い) 磁器 | (う) セメント |
| (え) ソーダ石灰ガラス | (お) 陶器 | (か) ホウケイ酸ガラス |

3 次の文章を読み、問1～問6に答えよ。

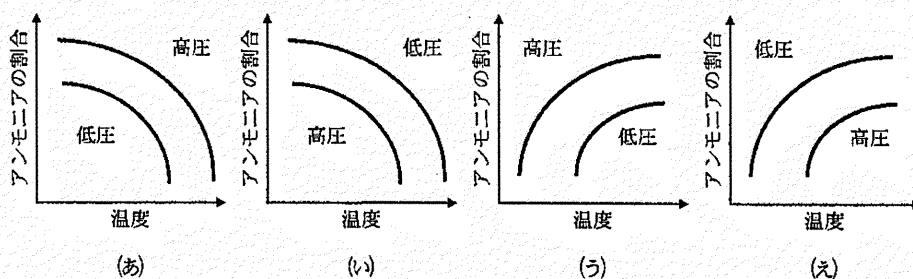
窒素は、地殻中に硝酸塩やアンモニウム塩として存在するほか、動植物の体内にも存在し、生命活動に欠かせない元素の一つである。アンモニアは、工業的には反応1に従って窒素と水素から合成される。



このアンモニアの工業的製法は **ア** 法とよばれ、温度約 500°C 、圧力 $8 \times 10^6 \sim 3 \times 10^7 \text{ Pa}$ の条件下で合成が行われる。さらに、**イ** として四酸化三鉄を主成分とする物質が用いられる。一方で、窒素による環境汚染が国際社会の新たな課題として浮上しており、環境問題を解決するために様々な研究がなされている。例えば、排水中の窒素化合物を窒素ガスに変換し大気中に放出できる微生物の利用は一つの例である。微生物による化学反応では、**イ** として酵素が作用する。

問1 文章中の **ア** および **イ** に入る適切な語句を答えよ。

問2 反応1は可逆反応である。この反応が平衡状態にあるとき、温度および圧力と混合気体中のアンモニアの割合との関係を示したグラフを次の(あ)～(え)から選び、記号で答えよ。また、その記号を選んだ理由について、圧力に関する観点と温度に関する観点からそれぞれ40字以内で説明せよ。説明には、圧力あるいは温度を変化させた場合の平衡状態の変化について含めること。



問 3 反応 1 を 500°C で、下線部①の物質を用いずに行った場合、混合気体中のアンモニアの割合の時間変化は、図 1 の破線のようにであった。

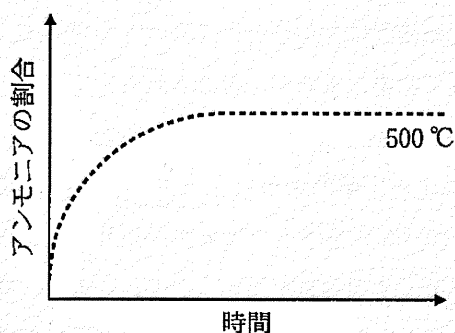
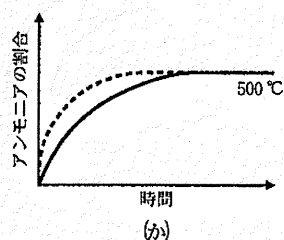
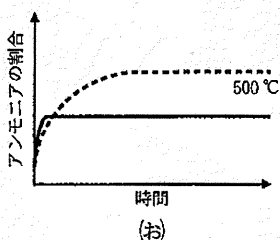
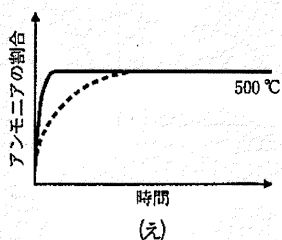
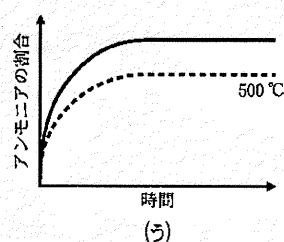
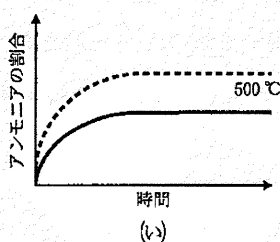
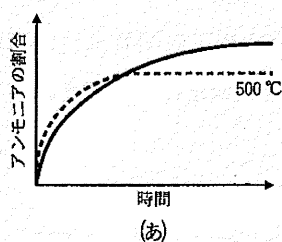


図 1

圧力は一定のまま、反応条件を次の(1)および(2)のように変えた場合、アンモニアの割合の時間変化を示したものとして最も適当なものを次の(あ)～(か)から選び、記号で答えよ。なお、図中の破線は反応 1 を 500°C で、下線部①の物質を用いずに行った場合のアンモニアの割合を示している。

- (1) 温度 300 $^{\circ}\text{C}$ で、下線部①の物質を用いず反応 1 を行った場合
- (2) 温度 500 $^{\circ}\text{C}$ で、下線部①の物質を用いて反応 1 を行った場合



問 4 温度 27°C 、圧力 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ の条件において、濃度 $9.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ の塩酸 2.0 L に、気体のアンモニアを毎分 0.20 L 吸収させた。アンモニアの導入開始 10 分後の溶液における水素イオン濃度を有効数字 2 桁で求めよ。解答欄には計算過程を含めて記入せよ。ただし、本設問においては、気体のアンモニアは理想気体として取り扱うものとし、気体定数 $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$ とする。また、気体のアンモニアはすべて水溶液に吸収され、溶液の体積変化は無視できるものとする。

問 5 窒素、水素、アンモニアから構成され、それぞれを同じモル分率で含む混合気体がある。この混合気体からアンモニアを取り出す方法について、「混合気体を」から始まる 25 字以内の文で記せ。ただし、問 4 と同様の方法(水や酸に吸収させる)以外の方法を記すこと。

問 6 下線部②について、ある微生物の持つ酵素が水溶液中で以下の特徴を持つと仮定して、(1)と(2)に答えよ。

(特徴)

この酵素は、基質と複合体を形成しない X 型と複合体を形成する Y 型の 2 種類の構造を取る。両者の間の構造変化は可逆的だが、X 型から Y 型への変化は特定の色の光が照射されたときにのみ進む。



右への反応速度 $v_{\text{X} \rightarrow \text{Y}}$ と、左への反応速度 $v_{\text{Y} \rightarrow \text{X}}$ は、次のように与えられる。

$$v_{\text{X} \rightarrow \text{Y}} = k_{\text{F}}[\text{X}]$$

$$v_{\text{Y} \rightarrow \text{X}} = k_{\text{R}}[\text{Y}]$$

ここで、 $[\text{X}]$ と $[\text{Y}]$ はそれぞれ X 型の濃度と Y 型の濃度を示し、 k_{F} と k_{R} は反応速度定数である。 k_{F} は光の強度に比例し、光が無ければゼロである。 k_{R} は光の有無に依存しない定数である。

- (1) X 型だけを含む水溶液を暗所で調製し、濃度を $[X]_0 = 2.10 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$ とした。次に、この水溶液全体に対して一定強度の光を均一に長時間照射し続けたところ平衡状態になり、 $[X]:[Y] = 1:6$ となった。このとき、 $k_F:k_R$ の比を最も簡単な整数比で示せ。解答欄には計算過程を含めて記入せよ。ただし、光照射に伴う温度変化や水の蒸発は無視できるものとする。
- (2) 反応速度定数 k_R の値を求めるため、(1)の平衡状態とした t_0 秒後に光照射をやめて、暗所にて Y 型の濃度を測定したところ、図 2 のようになった。時刻 t_1 および t_2 における反応物の濃度が c_1 と c_2 であるとき、時刻 $t_1 \sim t_2$ の間の平均の反応速度 $\bar{v}$ が、

$$\bar{v} = \frac{\text{反応物の濃度の減少量}}{\text{反応時間}} = \frac{-(c_2 - c_1)}{t_2 - t_1}$$

と表されること、また、 $\bar{v}$ はこの間の平均の濃度 $\frac{c_1 + c_2}{2}$ に比例し、その比例定数が反応速度定数であることを用いて、反応速度定数 $k_R [\text{秒}^{-1}]$ の値を求め、有効数字 2 桁で示せ。解答欄には計算過程を含めて記入せよ。

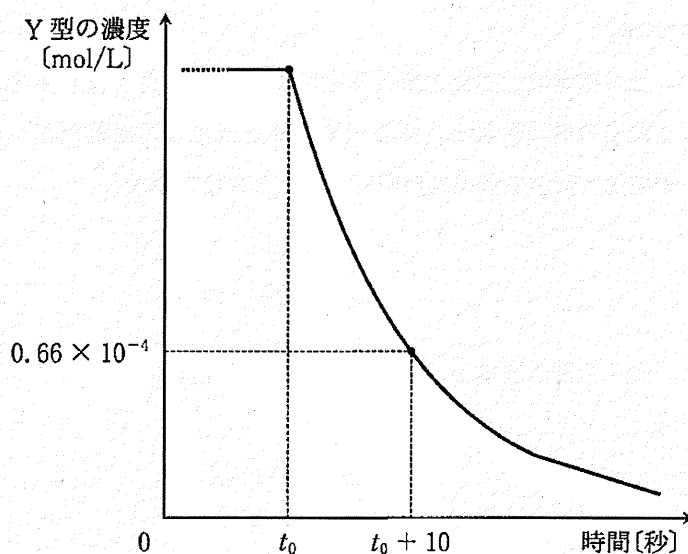
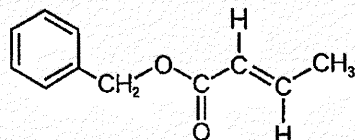


図 2

- 4 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。解答で構造式を示す場合には例にならって記せ。気体はすべて理想気体として取り扱うものとし、標準状態(0℃, 1.013×10^5 Pa)における気体のモル体積は22.4 L/mol とする。

(例)



炭素 C、水素 H、酸素 O のみからなる化合物 A～C は、構造異性体の関係にあり、その分子量は 86.0 であることがわかっている。化合物 A について元素分析を行い、成分元素の質量百分率を求めたところ、炭素が 69.8 % で水素が 11.6 % であった。また、化合物 A～C について以下の(a)～(f)のことがわかっている。

- (a) 化合物 A および B に塩基性の条件下でヨウ素を反応させると、黄色沈殿が①生じる。
- (b) 化合物 C をアンモニア性硝酸銀水溶液に加えて温めると、銀が析出する。
- (c) 化合物 A～C のうち、B のみが単体のナトリウムと反応し、水素を発生する。
- (d) 化合物 B および C には不斉炭素原子が 1 つ存在する。化合物 A には不斉炭素原子が存在しない。
- (e) 化合物 B が臭素 (Br_2) と付加反応すると、分子量 246 の化合物 D が得られる。化合物 D には、不斉炭素原子が 3 つ存在する。
- (f) 化合物 A を、ある条件下で水素を使って還元すると分子量 88.0 の化合物 E が得られる。化合物 E は、化合物 B に対し異なる条件下で水素と反応させることでも得られる。

問 1 化合物 A の分子式を記せ。解答欄には計算の過程を含めて記入せよ。

問 2 化合物 A ～ E の構造式を記せ。鏡像異性体(光学異性体)がある場合は、それらを区別する必要はない。ただし、シス-トランス異性体が存在する場合は、シス型の構造式のみ記せ。

問 3 下線部①の反応で生成した黄色沈殿物の化学式と名称を記せ。

問 4 フェーリング液に化合物 C を加え加熱すると、銅(Ⅱ)イオンが ア されて イ 色の酸化銅(Ⅰ)が沈殿する。ア と イ に入る適切な語句を次の(あ)～(く)から選び、記号で答えよ。

- | | | | |
|--------|--------|--------|----------|
| (あ) 中和 | (い) 酸化 | (う) 還元 | (え) イオン化 |
| (お) 赤 | (か) 青 | (き) 黄 | (く) 黒 |

問 5 21.5 g の化合物 A を完全燃焼させたとき、発生する二酸化炭素の体積は標準状態で何 L になるか求め、有効数字 3 桁で示せ。解答欄には計算の過程を含めて記入せよ。

5 次の文章Ⅰおよび文章Ⅱを読み、問1～問6に答えよ。

(文章Ⅰ)

単糖類のグルコースは、水溶液中で環状構造体と鎖状構造体の平衡状態で存在しており、鎖状構造体は **A** をもつため還元性を示す。自然界において、グルコースは、植物や藻類による光合成で、二酸化炭素と水からつくられる。工業的には、デンプンを加水分解することによってつくられる。スクロースは、^②**ア** と **イ** が脱水縮合した二糖類の一種であり、還元性を示さないが、**ウ** を用いて加水分解すると転化糖となり、還元性を示すようになる。多糖類のデンプンは、**ア** が繰り返し縮合した構造をもち、温水中に溶けやすい直鎖状構造をもつアミロースと温水中に溶けにくい枝分かれの多い構造をもつアミロペクチンで構成されている。動物の肝臓や筋肉に多く含まれる **エ** は、アミロペクチンと似ているが枝分かれがさらに多い。

(文章Ⅱ)

セルロースは、水に溶けないが、テトラアンミン銅(Ⅱ)イオン $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ を含む強塩基性の溶液(シュワイツァー試薬)に溶ける。シュワイツァー試薬にセルロースを溶かした粘性の高い溶液を細孔から希硫酸中に押し出して再生させると **オ** ができる。**オ** は、絹に似た光沢があつて柔らかく、衣類の裏地やカーテンなどに用いられる。セルロースに無水酢酸、氷酢酸、濃硫酸の混合物を作用させて **B** を結合させると、アセテートができる。アセテートは、ネクタイ、透析膜、フィルターなどに用いられる。再生繊維の **オ** や **カ** のアセテートは、**キ** のポリアミド(ナイロン)よりも生分解性が高いため、持続的社會に向けた用途開発もなされている。生分解性の合成高分子化合物としては、ポリ乳酸やポリグリコール酸があり、農業用フィルム、ゴミ袋、釣り糸などに用いられる。ポリ乳酸の重合法には、2分子の乳酸を脱水縮合させて乳酸の環状ジエステルを合成し、これを **C** させる方法(ラクチド法)と乳酸を直接重合させる方法(直接縮合法)がある。

問 1 文章中の **ア** ～ **キ** に入る適切な語句を次の(あ)～(そ)から選び、記号で答えよ。

- | | |
|---------------------|----------------------|
| (あ) α -グルコース | (い) α -フルクトース |
| (う) β -グルコース | (え) β -フルクトース |
| (お) デキストリン | (か) グリコーゲン |
| (き) セロビアーゼ | (く) インベルターゼ |
| (け) ラクターゼ | (こ) ビスコースレーヨン |
| (さ) 銅アンモニアレーヨン | (し) ビニロン |
| (す) 天然繊維 | (せ) 半合成繊維 |
| (そ) 合成繊維 | |

問 2 文章中の **A** に入る適切な官能基の名称を記せ。また、その官能基に相当するものを図 1 の(あ)～(え)から選び、記号で答えよ。

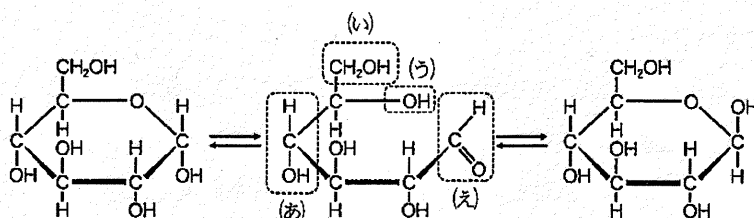


図 1

問 3 下線部①は、次の化学反応式(1)として表すことができる。化学反応式(1)の

ク ～ **コ** に入る適切な係数または分子式を記せ。



問 6 下線部③の反応は図 3 のように示すことができる。以下の(1)～(3)に答えよ。

(1) 下線部③に関して、図 3 の工程で生じる環状ジエステルの構造式を記せ。

(2) 下線部③および図 3 の C に入る適切な語句を次の(あ)～(え)から選び、記号で答えよ。

(あ) 付加重合 (い) 開環重合 (う) アセタール化 (え) けん化

(3) 図 3 の工程で得られたポリ乳酸の平均分子量が 3.6×10^5 であったときの重合度(n)を求めよ。計算過程を示し、有効数字 2 桁で答えよ。

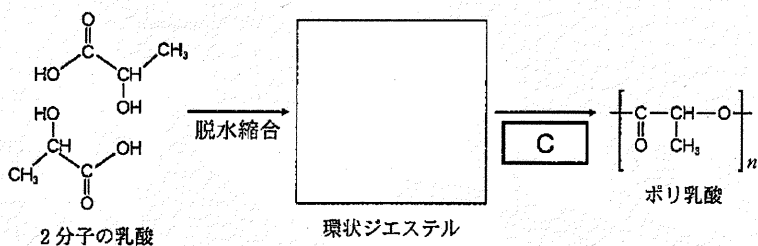


図 3