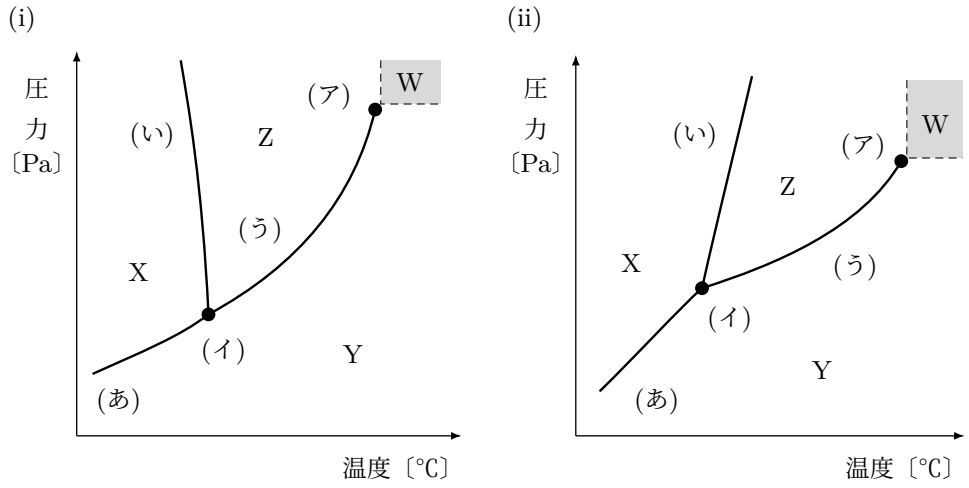
金沢大学

2019 年度　前期日程　化学

1 次の文章を読み，問 1〜問 6 に答えなさい。

右に示す図 (i) と (ii) は，水または二酸化炭素の状態図である。状態図とは，ある物質が温度と圧力に応じて気体，液体，固体のいずれの状態をとるかを示したものである。(a)3 本の曲線 (あ)〜(う) のうち，(い) は［ A ］曲線，(う) は［ B ］曲線という。3 本の曲線で分けられた領域 X，Y，Z のうち，X は［ C ］体の状態で存在する。同様に，Y は［ D ］体，Z は［ E ］体の状態で存在する。線が途切れた点 (ア) を［ F ］といい，それ以上の温度，圧力を表す領域 W では，物質は［ D ］体と［ E ］体の中間的な性質をもつ。X の状態から Y の状態に変わることを［ G ］，X から Z になることを［ A ］，Z から X になることを［ H ］，Z から Y になることを［ I ］，Y から Z になることを［ J ］という。



物体が固体の状態にあり，(b) 原子，分子などが規則正しく配列した状態で存在しているものを［ K ］といい，原子，分子などが規則正しく配列していないものを［ L ］という。実在する気体は，一般的に［ M ］や［ N ］の条件下では，理想気体の状態方程式には従わない。

問 1　［ A ］〜［ N ］にあてはまる適切な語句を答えなさい。

問 2　水，二酸化炭素の状態図として適切なものは，それぞれ (i)，(ii) のいずれか，答えなさい。

問 3　下線部 (a) について，3 本の曲線が交わった点 (イ) を何というか，答えなさい。

問 4　領域 W の状態の物質を何というか，答えなさい。

問 5　下線部 (b) について，物質が金属のとき，主に 3 つの構造①〜③に分けられる。①と②では，その単位格子の充填率は約 74% で最も大きい。また②と③の単位格子中の原子の数は 2 である。

(1) ①〜③の構造の名称を答えなさい。

(2) カリウム，銅，マグネシウムが，①〜③のいずれの構造を有するか，それぞれ番号で答えなさい。

問 6　次の文章から正しいものを一つ選び，番号で答えなさい。

(1) 物質が気体の状態のとき，その一定量の体積は，圧力に比例し，絶対温度に反比例する。この関係をボイル・シャルルの法則という。

(2) 物質の三態のうち，分子間に働く力がほとんどないのは液体と気体である。

(3) 物質が固体の状態のとき，単位格子の体積，単位格子あたりの原子（または分子）の数，原子量（または分子量），ならびに密度が正確にわかれば，アボガドロ定数を正確に求めることができる。

(4) 物質が固体から液体に変わる温度は，構成粒子間の結合の強さには依存しない。

2 次の文章を読み，問 1〜問 5 に答えなさい。

分子式 C_8H_{10} で示される芳香族化合物には，4 種類の構造異性体 A〜D が存在する。化合物 A および B を，触媒を用いて酸化すると，化合物 E，F がそれぞれ得られる。(a) 化合物 E を加熱すると分子内で脱水がおこり，化合物 G が生じる。

化合物 G とグリセリンとの反応では，熱［　ア　］性をもつ［　イ　］樹脂の代表的な化合物であるグリプタル樹脂が得られ，いろいろな硬さのものをつくることができる。一方，化合物 F と化合物 H を［　ウ　］重合させるとポリエステル系繊維であるポリエチレンテレフタラートが得られ，飲料用の容器などに用いられる。また，(b) 化合物 F と *p*-フェニレンジアミンから合成されるポリ (*p*-フェニレンテレフタルアミド) は，［　エ　］繊維の代表的な化合物で，従来の合成繊維よりも強度や弾性が高く，ロープや安全手袋に用いられる。

化合物 D を鉄触媒存在下で加熱すると 1 分子の水素 H_2 がとれて化合物 I が得られる。化合物 I を［　オ　］重合させると熱［　カ　］性の樹脂 J が生じる。発泡剤を用いて成形した樹脂 J は断熱性が高く，容器や緩衝材に用いられる。

化合物 I に少量の *p*-ジビニルベンゼンを加えて［　キ　］重合させると［　ク　］構造の高分子ができる。

この中のベンゼン環上の水素原子をスルホ基で置換すると［ケ］交換樹脂が得られる。これに対して，(c) アルキルアンモニウム基の水酸化物を導入したものは，［コ］交換樹脂とよばれる。

化合物 K に少量の化合物 I を加えて［キ］重合させると SBR と略称でよばれる合成ゴムが得られる。SBR は，機械的強度が大きく自動車のタイヤなどに用いられる。

問 1　化合物 A〜K の構造式を示しなさい。

問 2　［ア］〜［コ］にあてはまる最も適切な語句を答えなさい。

問 3　下線部 (a) について，化合物 F を加熱しても分子内での脱水反応は進行しない理由を 25 字以内で答えなさい。

問 4　下線部 (b) について，平均分子量 7.14×10^4 の繊維の 1 分子中には何個のアミド結合が含まれるか，有効数字 2 桁で求めなさい。

問 5　下線部 (c) について，以下の問いに答えなさい。

濃度不明の塩化ナトリウム水溶液 10 mL を，十分な量の［コ］交換樹脂を詰めた円筒管に通した後，さらにこの樹脂を純水で十分に洗浄した。流出した全水溶液は 100 mL で，その pH が 12 であった場合，用いた塩化ナトリウム水溶液のモル濃度を有効数字 2 桁で求めなさい。

3 次の文章を読み，問 1〜問 7 に答えなさい。

周期表の［ア］族に属する元素を［イ］という。化学的性質が比較的よく知られている［イ］の元素記号は，原子番号の小さい方から順に F，Cl，Br，I であり，各々の原子は価電子を［ウ］個もち，［エ］価の陰イオンになりやすい。(a) これらの元素の単体の常温（25 ℃）・大気圧における状態は，それぞれの元素によって異なる。このように，同じ構造をもつ［イ］分子でも存在状態が異なるのは，［オ］の違いに起因している。［オ］には［イ］分子の分子量が大きく関わっている。

［イ］の単体は多様な化学反応を示す。(b) 特に酸化作用を示す反応がよく知られている。例えば (c) フッ素の単体は水と反応してフッ化水素を生じる。(d) 塩素の単体は水と反応して塩化水素を生じる。ヨウ素の単体は，水にはほとんど溶けないが，(e) ヨウ化カリウム水溶液中ではイオンとなって溶け出し，［カ］色のヨウ素溶液となる。(f) アミロースの水溶液にヨウ素溶液を加えると濃青色に呈色する。

［イ］化物イオンの塩は，一般に水に溶けやすいものが多い。例えば，25 ℃におけるヨウ化ナトリウムの溶解度は 184 g/100 g 水であり，高い水溶性を示す。一方，(g)［イ］化銀のうち，［キ］以外は水に難溶である。

問 1　［ ア ］～［ キ ］にあてはまる適切な語句，化合物名または数を答えなさい。

問 2　下線部 (a) について，常温（25 ℃）・大気圧における 4 元素の単体の状態を①気体，②液体，③固体の中から選び，番号で答えなさい。

問 3　下線部 (b) について，次の (1)～(3) に答えなさい。

(1) 上記の 4 元素の単体の化学式を酸化力の強い順に不等号（>）を用いて並べなさい。

(2) 酸化力の強さは，単体のどのような性質に基づくか，20 字以内で説明しなさい。

(3) 次の①～⑤それぞれの反応において，反応が［　　］の右側に進む場合は → を，左側に進む場合は ← を，平衡反応の場合は ⇄ を，どちらにも反応が進行しない場合は × を記しなさい。

① $Cu + F_2$ ［　　］ CuF_2 （高温での反応）　② $Cu + I_2$ ［　　］ CuI_2 （高温での反応）

③ $I_2 + 2\,Cl^-$ ［　　］ $Cl_2 + 2\,I^-$　④ $2\,KI + Br_2$ ［　　］ $2\,KBr + I_2$

⑤ $2\,HI + H_2SO_4$ ［　　］ $SO_2 + 2\,H_2O + I_2$

問 4　下線部 (c) および (d) の二つの反応の化学反応式をそれぞれ示しなさい。

問 5　下線部 (e) のイオン反応式を示しなさい。

問 6　下線部 (f) について，次の (1)～(3) に答えなさい。

(1) この反応の名称を答えなさい。

(2) この呈色反応によって，ヨウ素の状態はどのようになるか，40 字以内で説明しなさい。

(3) この反応において溶液が濃青色に見えるのはどのような現象によるか，次の①～⑤から正しい記述をすべて選びなさい。

① 白色光のうち，濃青色の光が溶液によって吸収される。

② 白色光のうち，濃青色の補色の光が溶液によって吸収される。

③ 白色光のうち，濃青色の補色の光が溶液によって反射される。

④ 溶液中の発色分子が濃青色の光を放射する。

⑤ 溶液中の発色分子が濃青色の補色の光を放射する。

問 7　下線部 (g) について，1.0×10^{-6} mol/L のヨウ化ナトリウム水溶液 1.0 L に 3.4×10^{-5} g の硝酸銀を加えると，ヨウ化銀の沈殿が生じた。この沈殿の物質量を，計算過程を示し，有効数字 2 桁で求めなさい。ただし，水溶液の温度は 25 ℃で一定であり，水溶液中におけるヨウ化銀の溶解度

積は，$K_{sp} = 2.0 \times 10^{-14}\,(\mathrm{mol/L})^2$ とする。また，硝酸銀を加えたことによる溶液量の変化は無視できるものとする。

4 次の文章を読み，問 1〜問 6 に答えなさい。

高峰譲吉（1854 年〜1922 年，現在の富山県高岡市生まれ）は，1890 年に日本の米コウジを使ったウイスキーの醸造を行うため渡米した。醸造とは，コウジ菌の働きによる［ ア ］でアルコールや食品などを製造することである。

彼は 1894 年にコウジ菌から［ イ ］の一種であるジアスターゼを抽出し，タカジアスターゼと命名した。［ イ ］は人のだ液やすい液に含まれ，［ ウ ］を加水分解し［ エ ］を生じる酵素である。(a)［ エ ］は，α-グルコース 2 分子が α-1,4-グリコシド結合した構造をしており［ オ ］反応を示す。(b)［ エ ］を希酸と加熱したり［ カ ］で処理するとグルコースが得られる。タカジアスターゼは，消化薬として有名になり，現在でもタカジアスターゼとリパーゼを含有する胃腸薬が販売されている。リパーゼは人の胃液やすい液に含まれ，［ キ ］を消化する酵素である。

糖尿病薬として使われているボグリボース（図 1）は，α-グルコースと構造が似ているため，［ カ ］の酵素活性部位に結合し［ ク ］として働くため，血糖値の上昇が緩やかとなる。

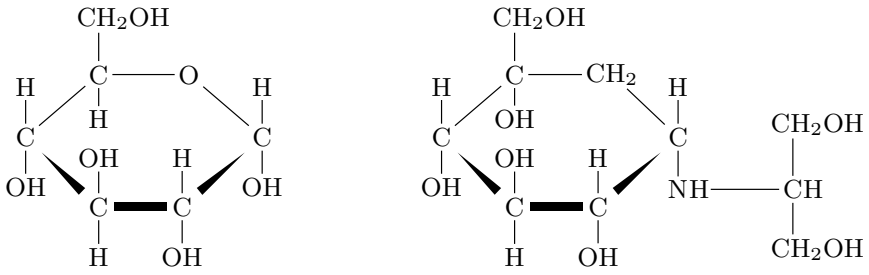


図 1　α-グルコース（左）とボグリボース（右）の構造式

また彼は，1900 年に家畜の内臓物からアドレナリンを抽出し，結晶化に成功した。これには止血作用があり，長く外科手術などに使われてきた。アドレナリンは人の体内ではホルモンとして機能し，酵素の働きによりフェニルアラニンを原料として生合成される（図 2）。フェニルアラニンのフェニル基の *p*-位にヒドロキシ基が結合してチロシンが生成する。ドパミンにヒドロキシ基が結合するとノルアドレナリンとなる。さらにノルアドレナリンのアミノ基にメチル基が結合してアドレナリンが完成する。

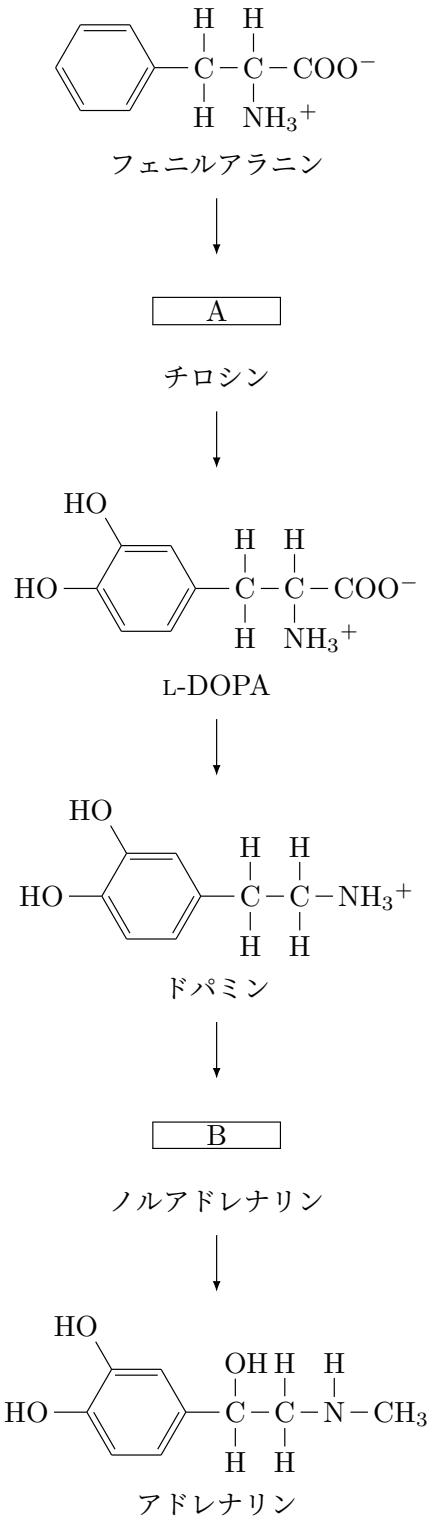


図 2　アドレナリンの生合成

1912 年に高峰らが参画して東京市（当時）がワシントン D.C. に贈った桜の子孫が 2004 年に金沢市内の 5 か所に植樹され，金沢大学医薬保健学域医学類の入口脇の緑地にも植えられている。

問 1　［ア］～［ク］にあてはまる最適な語句を下の語群からそれぞれ一つずつ選び，記号で答え

なさい。

(あ) アミラーゼ　(い) インベルターゼ　(う) スクロース

(え) セルラーゼ　(お) セルロース　(か) セロビオース

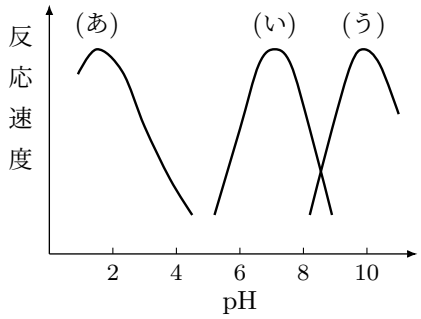
(き) タンパク質　(く) デンプン　(け) ニンヒドリン

(こ) マルターゼ　(さ) マルトース　(し) 核酸　(す) 銀鏡

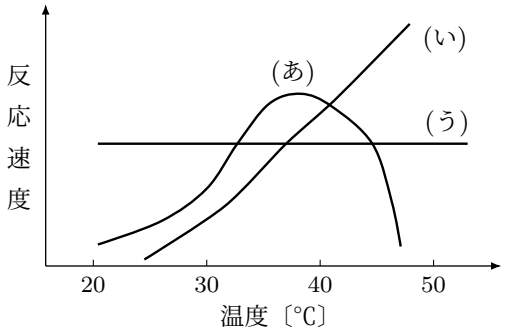
(せ) 脂肪　(そ) 触媒　(た) 阻害剤　(ち) 発酵　(つ) 補酵素

問 2　下線部 (a) について，図 1 にならい［　エ　］の構造式を書きなさい。

問 3　胃液に含まれるペプシンはだ液に含まれる［　イ　］と働く条件が異なる。pH と反応速度の関係を示した右の図で，(1) ペプシンと (2)［　イ　］はそれぞれどれにあてはまるか，(あ)〜(う) の記号で答えなさい。また，それらを選んだ理由を 40 字以内で説明しなさい。



問 4　下線部 (b) について，(1) 希酸と加熱する場合と，(2)［　カ　］で処理する場合では，温度と反応速度の関係はそれぞれどのようになるか，右の図から選び (あ)〜(う) の記号で答えなさい。また，それらを選んだ理由を 40 字以内で説明しなさい。



問 5　図 2 の［　A　］と［　B　］にあてはまる構造式を書きなさい。

問 6　図 2 のフェニルアラニン，ドパミン，アドレナリンに関し，それぞれの構造式中のすべての不斉炭素原子を○で囲みなさい。

5 次の文章を読み，問 1〜問 5 に答えなさい。

(a) 窒素 N_2 と水素 H_2 の混合気体から気体のアンモニア NH_3 を可逆的に直接合成することができる。ハーバーとボッシュは，NH_3 合成の (b) 反応速度を大きくする種々の鉄化合物の触媒作用を調べ，四酸化三鉄 Fe_3O_4 を主成分とする触媒を用いて温度 400〜500 ℃，圧力 1×10^7〜3×10^7 Pa の条件で効率よく NH_3 を合成することに成功した。(c) 合成された NH_3 は，平衡状態にある混合気体を冷却することにより，液体として取り出すことができる。

N_2 と H_2 の混合気体ではヘンリーの法則が成り立ち，一定温度で，一定体積の水に溶ける N_2 と H_2 の物質量は，それぞれの気体の分圧に比例する。一方で，(d) ヘンリーの法則は NH_3 では成り立たない。NH_3 は弱塩基であり，水溶液中で電離平衡の状態にある。酸や塩基が溶液中で電離する割合を電離度といい，α で表される。(e)α の値は酸や塩基の濃度に依存して変化する。

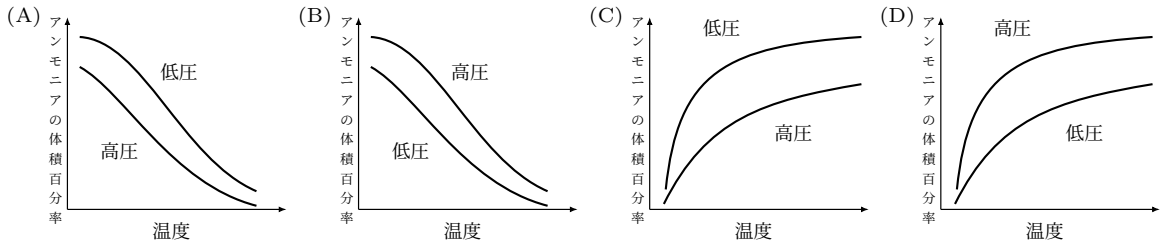
問 1　下線部 (a) について，下の (1)〜(4) に答えなさい。ただし，NH_3 合成の熱化学方程式は次式で表される。

$$N_2(気) + 3\,H_2(気) = 2\,NH_3(気) + 92\,kJ$$

(1) 反応物である N_2 と H_2 が無極性分子であるのに対して，生成物である NH_3 は極性分子である。

NH_3 の電子式と立体構造の模式図を示しなさい。ただし，立体構造には，電荷のかたよりが分かるように，正の電荷を帯びている原子に $\delta+$，負の電荷を帯びている原子に $\delta-$ を記しなさい。

(2) 温度と圧力を変化させて平衡状態にしたとき，アンモニアの体積百分率はどのように変化するか，最も適したグラフを次の (A)〜(D) から選びなさい。

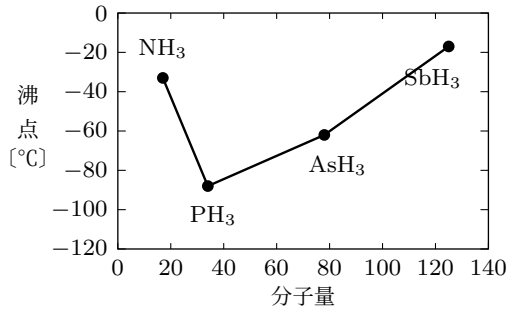


(3) ある温度における濃度平衡定数 K_c〔$(\mathrm{mol/L})^{-2}$〕を正反応の反応速度定数 $\boldsymbol{k}_1$，逆反応の反応速度定数 $\boldsymbol{k}_2$ を用いて示しなさい。

(4) 物質量比が 1 : 3 の N_2 と H_2 の混合気体を密閉容器に封入し，一定温度で反応させたとき，反応前に 2.0×10^7 Pa であった全圧が 1.2×10^7 Pa で平衡に達したとする。この反応の圧平衡定数 K_p〔Pa^{-2}〕を有効数字 2 桁で求めなさい。計算過程も示しなさい。

問 2　下線部 (b) について，NH_3 合成に触媒を用いる場合と用いない場合で，活性化エネルギーと反応熱はそれぞれどのように変化するか答えなさい。変化しない場合は，変化しないと記入しなさい。

問 3　下線部 (c) について，右図に示すように 15 族元素であるアンチモン Sb，ヒ素 As，リン P の水素化合物の沸点は，分子量が小さくなるほど低くなる傾向にあるが，最も分子量が小さい NH_3 の沸点は著しく高い。NH_3 の沸点が高い理由を 25 字以内で説明しなさい。



問 4　下線部 (d) について，NH_3 に対してヘンリーの法則が成り立たない理由を 15 字以内で説明しなさい。

問 5　下線部 (e) について，次の (1) および (2) に答えなさい。

(1) 1 価の弱塩基の電離度 α を，電離定数 K_b〔mol/L〕，弱塩基の濃度 $\boldsymbol{c}$〔mol/L〕を用いて示しなさい。

(2) 5.0×10^{-2} mol/L のアンモニア水の水素イオン濃度〔mol/L〕を有効数字 2 桁で求めなさい。ただし，NH_3 の電離定数 $K_b = 2.0 \times 10^{-5}$ mol/L とする。

6 次の文章を読み，問 1〜問 7 に答えなさい。

炭素を骨格とする化合物を有機化合物という。有機化合物の主な成分元素は炭素，水素，酸素であるが，窒素，(a) 硫黄，塩素などが含まれることもある。有機化合物のうち，炭素と水素のみで構成される化合物を［ ア ］という。［ ア ］は，分子構造により鎖状および環状，多重結合の有無により飽和および不飽和に分けられる。環状，飽和の［ ア ］である (b) シクロヘキサンには，いす形，舟形，ねじれ舟形とよばれる立体異性体がある。

炭素原子間に［ イ ］結合を一個もつ鎖状構造の［ ア ］をアルケンというが，アルケンは (c)［ イ ］結合に起因する特徴的な反応性を示す。また，アルケンには (d)［ イ ］結合を軸とした分子内の回転ができないために生じる異性体が存在する。

ヒドロキシ基をもつ化合物をアルコールという。ヒドロキシ基をもつ炭素原子に結合している

［ ア ］基の数に応じて，第一級アルコール，第二級アルコール，第三級アルコールに分けられる。アルコールを酸化すると，第一級アルコールは［ ウ ］を経て［ エ ］に，第二級アルコールは［ オ ］に変換されるが，第三級アルコールは酸化されにくい。(e) アルコールをナトリウムと反応させると，気体が発生する。

グリセリンと高級脂肪酸とのエステルを［ カ ］という。［ カ ］のうち，不飽和脂肪酸の割合が多く，室温で液体のものを［ キ ］という。［ キ ］に触媒を用いて水素を付加させ，室温で固体となったものを［ ク ］という。(f)［ カ ］に水酸化ナトリウムのような強塩基の水溶液を加えて加熱すると，高級脂肪酸の塩とグリセリンが得られる。

問 1　［ ア ］～［ ク ］にあてはまる適切な語句を答えなさい。

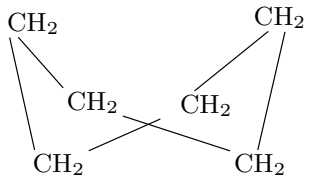
問 2　下線部 (a) について，黒色沈殿を生じる反応を用いて硫黄を検出する手順を，60 字以内で記しなさい。

問 3　下線部 (b) について，次の (1)～(3) に答えなさい。

(1) このような立体異性体を互いに何というか，答えなさい。

(2) これらの立体異性体のうち，最も安定なものはどれか，答えなさい。

(3) シクロヘキサンのねじれ舟形の構造を右に示す。これにならい，シクロヘキサンのいす形と舟形の構造を書きなさい。



ねじれ舟形

問 4　下線部 (c) について，次の (1) および (2) に答えなさい。

(1) 1-ブテンに同じ物質量の臭素を加えると，臭素の色が消えた。この反応を化学反応式で示しなさい。

(2) 2-メチルプロペンを塩化水素と反応させると，主生成物 A と副生成物 B が生成した。A と B の

構造式を書きなさい。

問 5　下線部 (d) について，次の (1) および (2) に答えなさい。

(1) このような異性体を互いに何というか，答えなさい。

(2) フマル酸とマレイン酸は，この異性体にあてはまる。それぞれ何形であるか，答えなさい。

問 6　下線部 (e) について，1-ブタノールとナトリウムの反応を化学反応式で書きなさい。

問 7　下線部 (f) について，高級脂肪酸としてリノレン酸（$C_{17}H_{29}COOH$）のみで構成される［カ］のけん化価を，四捨五入して整数で求めなさい。