奈良県立医科大学

2025 年度　後期日程　化学

（2 科目　180 分）

1　化学の全問を通して，必要ならば次の数値を用いよ．

原子量：H = 1.0，C = 12.0，N = 14.0，O = 16.0，Na = 23.0，

Al = 27.0，Si = 28.0，Cl = 35.5，Ca = 40.0，Fe = 56.0

ファラデー定数：$F = 9.65 \times 10^4\,\mathrm{C/mol}$

気体定数：$R = 8.31 \times 10^3\,\mathrm{Pa{\cdot}L/(K{\cdot}mol)}$

2　特に指定のない限り，有効数字は 2 ケタで答えよ．

1 ケイ素に関する次の文章を読んで，問 1〜問 7 に答えよ．

ケイ素は，半導体やガラス，セラミックスの材料としてだけでなく，耐熱性，不燃性，耐光性に優れたシリコーン樹脂の原料として用いられる現代社会に不可欠な元素である．炭素と同じ（　ア　）族元素であるケイ素は，地殻中で（　イ　）についで 2 番目に存在量の多い元素である．ケイ素は，単体として天然には存在せず酸化物として存在するため，単体は酸化物を電気炉内で炭素と反応させることによりつくられる①．一般的には，ケイ素の酸化物と炭素は物質量比が 1：2 で反応するが，反応条件によっては 1：1 で反応が進むことも考えられる．ケイ素の単体は金属光沢のある（　ウ　）結晶で，ダイヤモンドと同じ立方体の単位格子の結晶構造である (図 1)②．炭素との反応で得られたケイ素の単体の純度は 99 % 程度である．さらに高純度のケイ素を得るためには，ケイ素の単体を $SiHCl_3$，$SiCl_4$，SiH_4 などの沸点の低い液体や気体の化合物に変換し③，蒸留によって純度を高めた後，ケイ素の単体に戻す方法が用いられる．例えば，単体のケイ素は高温で塩化水素ガスと反応し（　A　）されて $SiHCl_3$ が得られる．精製した高純度の $SiHCl_3$ を高温で水素ガスと反応させると（　B　）され，半導体材料として用いることのできる高純度のケイ素の単体が得られる．

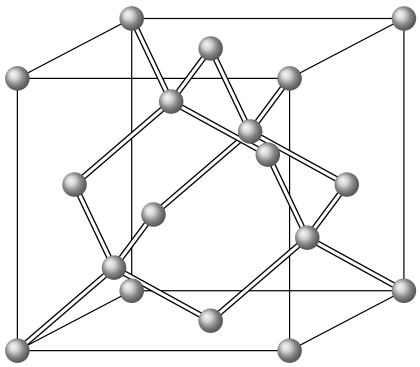


図 1

問 1　(ア) にあてはまる数字, (イ) にあてはまる元素名, (ウ) にあてはまる語句をそれぞれ答えよ.

問 2　(A) と (B) にあてはまるのは酸化, 還元のどちらか, それぞれ答えよ.

問 3　下線部①について, ケイ素の酸化物と炭素を用いてケイ素の単体を得る反応を, 物質量比が 1：2 の場合と 1：1 での場合について, それぞれ化学反応式で表せ.

問 4　ケイ素の酸化物は, 薬品に侵されにくいがフッ化水素酸とは反応して溶ける. この反応を化学反応式で表せ.

問 5　下線部②について, ケイ素の結晶の単位格子中に含まれるケイ素の原子数を答えよ.

問 6　下線部②について, 単体のケイ素におけるケイ素原子間の結合距離を x〔cm〕, アボガドロ定数を N_A〔/mol〕としたとき, ケイ素の単体の密度 d〔g/cm^3〕を x と N_A を用いて表せ. また, 単体のケイ素におけるケイ素原子間の結合距離を $x = 2.4 \times 10^{-8}$ cm, アボガドロ定数を $N_A = 6.0 \times 10^{23}$ /mol, $\sqrt{2} = 1.4$, $\sqrt{3} = 1.7$, $\sqrt{5} = 2.2$ としてケイ素の単体の密度 d を求めよ.

問 7　下線部③について, $SiHCl_3$, $SiCl_4$, SiH_4 の蒸気圧の大小関係は, Si を C に置き換えた $CHCl_3$, CCl_4, CH_4 と同じである. $SiHCl_3$, $SiCl_4$, SiH_4 を沸点の低い順に並べ, その順になると考えられる理由を化学式を用いずに 50 字以内で述べよ.

2 金属の製錬に関する次の文章を読んで，問 1〜問 5 に答えよ．

自然界では，ほとんどの金属が酸素や (ア) との化合物として存在しており，人類が利用するためには，金属化合物を含む鉱石から金属を単体として取り出す製錬が必要であった．最も古く，紀元前3000 年以前から本格的な製錬が行われた金属は銅であり，後に銅に (イ) を混ぜた硬い青銅が得られるようになり，青銅器時代への幕が開かれた．その後，製錬技術の発達により，高温を必要とする鉄の製錬が可能となった．鉄は (ウ) の含有量を調整することで硬く強い鋼になり，この技術の普及とともに，人類は本格的な鉄器時代へと移行した．鉄は金属材料の主役として，今なお人類の文明を支えている．鉄と並んで広く利用されているアルミニウムは，19 世紀末にようやくボーキサイト (酸化アルミニウムを 50 % ほど含む鉱石) から工業的に取り出せるようになった．具体的には，ボーキサイトから 2 段階の工程 (酸化アルミニウムの精製と溶融塩電解 (注 1)) を経て単体のアルミニウムが製造される．

(注 1)　融解塩電解とも呼ばれる．

問 1　(ア)〜(ウ) にあてはまる適切な元素を元素記号で書け．

問 2　下線部①について，銅は黄銅鉱などの化合物として産出される．溶鉱炉において空気を吹き込み加熱することにより不純物を取り除き純度 99 % の粗銅が得られる．粗銅板，純銅板を用いて電解精錬を行うとき，次の問いに答えよ．

(1) 電解精錬において，粗銅板は陽極，陰極のどちらに使用するか答えよ．

(2) 電解精錬で用いる水溶液は何か答えよ．

(3) 次の 5 種類の酸 (塩酸，希硫酸，希硝酸，熱濃硫酸，濃硝酸) に銅を入れたとき，銅が溶解する酸については，銅が溶解する化学反応式をそれぞれ答えよ．銅が溶解しない酸には，化学反応式の代わりに × を記せ．

問 3　下線部②について，鉄鉱石とコークス，石灰石を溶鉱炉にいれ，約 1300 ℃の熱風を送ることで鉄の酸化物が一酸化炭素によって還元され，銑鉄が得られる．次の問いに答えよ．

(1) 石灰石の役割を簡潔に述べよ．

(2) 赤鉄鉱 (Fe_2O_3) が還元される化学反応式を書け．

(3) このとき多量の二酸化炭素が発生する．(2) の化学反応式に基づいて，Fe_2O_3 から 112 kg の鉄が得られるときに発生する二酸化炭素の質量を求め，有効数字 3 ケタで答えよ．

(4) 次の 4 種類の酸 (塩酸，希硫酸，希硝酸，濃硝酸) のうち，鉄をよく溶かす酸を全て選び丸で囲め．

問 4　下線部③について，精製工程では，ボーキサイトに含まれる酸化アルミニウムを高温の濃い水酸化ナトリウム水溶液に溶解させる．このとき溶解しなかった不純物は，ろ過により除去できる．ろ液を大量の水で希釈し温度と pH が下がると水酸化アルミニウムが沈殿する．得られた固体を 1050 ℃で加熱すると純度 99.9 % 程度の酸化アルミニウムが得られる．次の問いに答えよ．

(1) 酸化アルミニウムが濃い水酸化ナトリウム水溶液に溶解する反応の化学反応式を書け．

(2) 水酸化アルミニウムは塩酸に溶解するが，アルミニウムイオンを含む水溶液の電気分解では金属アルミニウムを取り出すことはできない．理由を簡潔に述べよ．

問 5　下線部④について，酸化アルミニウムの融点は 2054 ℃と非常に高温であり，酸化アルミニウムのみを溶融塩電解することは現実的ではない．氷晶石 (Na_3AlF_6) に添加物を加えると約 1000 ℃で融解し，その融解液に酸化アルミニウムが溶解することを利用して電気分解を行う．炭素電極を用いて，1.0×10^5 A，4.0 V で 5 時間 21 分 40 秒の間，電気分解したとき，以下の問いに答えよ．ただし，酸化アルミニウムと電極のみが反応に関与するものとする．

(1) 流れた電子の物質量を求めよ．

(2) 陰極で得られたアルミニウムの単体は何 kg か．

(3) 陽極では炭素電極そのものが反応し二酸化炭素を生じる．発生した二酸化炭素の質量を求めよ．なお，電極において反応した炭素は，すべて二酸化炭素へ変化したものとして考えよ．

3 物質 A はナトリウムを含む式量 84 の化合物で，水に少し溶けて弱い塩基性を示す．また，加熱すると気体 B を発生する．気体 B を石灰水に通じると白濁し沈殿する①．問 1〜問 10 に答えよ．

問 1　物質 A にナトリウムが含まれていることを確認するためにはどのような実験を行えばよいか．実験方法と，ナトリウムが含まれていたときに得られる結果を述べよ．

問 2　石灰水はある物質の飽和水溶液である．その物質名を書け．

問 3　物質 A の組成式を書け．

問 4　物質 A を試験管に入れて加熱し，生じた気体 B を石灰水に通じる実験を，誤って図 1 の概略図に示したような実験装置で行った．誤っているところをあげ，なぜ問題なのか理由を書け．

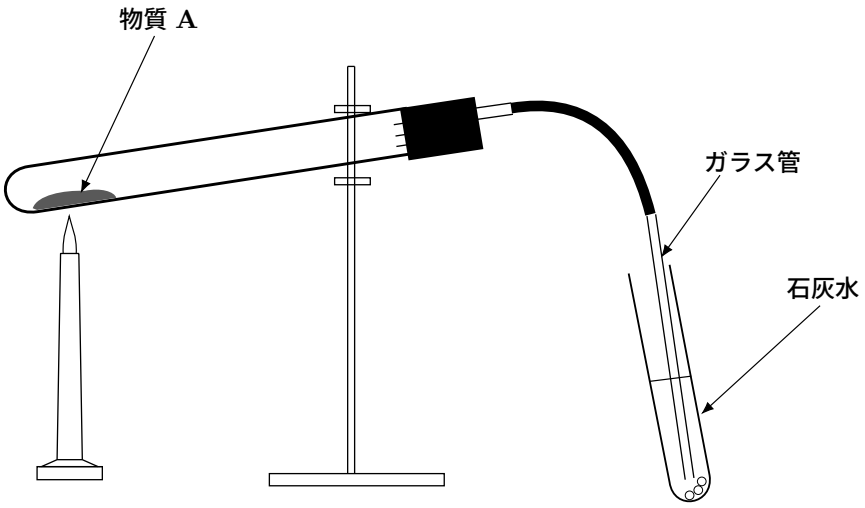


図 1

問 5　図 1 のガスバーナーの火を消す前には，ガラス管を石灰水から抜く必要がある．その理由を書け．

問 6　1.0 g の物質 A を，図 1 の実験装置の誤りを修正した上で完全に反応させた．物質 A が入っていた試験管内に残った固体の化合物の化合物名を書け．またその質量を求めよ．計算過程も示せ．

問 7　下線部①の沈殿の物質名を書け．

問 8　問 7 の沈殿物から生石灰を作る反応の反応式を書け．

問 9　下線部①で石灰水が白濁したのち，さらに石灰水に気体 B を通じ続けると物質 C が生じて溶解する．その結果，溶液は透明になる．この反応の化学反応式を書け．

問 10　物質 C の水溶液の入った試験管を加熱したときに見られる変化について，物質名をあげて説明せよ．

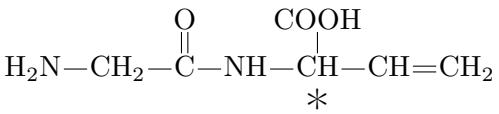
4 生命活動を維持していく上で不可欠な微量栄養素のうち，体内で合成できず，食事などから摂取する必要がある有機化合物をビタミンとよぶ．化合物 A はビタミンの一種であり，代謝にかかわる補酵素の生合成に使われる．化合物 A の構造を決定するための化学分析について書かれた以下の文章を読んで，問 1〜問 7 に答えよ．

- 化合物 A は炭素，水素，窒素，酸素からなる分子量が 250 よりも小さい有機化合物であり，水に溶けて酸性を示し，旋光性 (注 1) をもつ．
- 化合物 A は，分子内にアミド結合を 1 つ，カルボキシ基を 1 つ，ヒドロキシ基を 2 つもち，アミド結合を加水分解するとアミノ酸である化合物 B とヒドロキシ酸である化合物 C が生成する．
- 化合物 B は分子量 89 の L-アラニンと互いに構造異性体の関係にあるが，不斉炭素原子をもたない．
- 化合物 C は炭素と水素と酸素のみで構成され，不斉炭素原子を 1 つもつ．
- 化合物 C 370 mg を完全燃焼させると，二酸化炭素 660 mg と水 270 mg が生成する．
- 化合物 C を酸とともに穏やかに加熱すると，分子内で脱水反応が進行し，五員環構造をもつ環状エステルである化合物 D が生成する．
- ①化合物 D 5.72 g をベンゼン 500 mL に溶かした溶液の凝固点は，5.021 ℃となる．
- 化合物 C を濃硫酸とともに 140 ℃に加熱すると，カルボキシ基の炭素と，その隣の炭素との C–C 結合が開裂する熱分解反応が進行し，ギ酸と化合物 E が生成する．ギ酸はさらに一酸化炭素と水に分解される．
- 化合物 E は②分子量 102 のプロピオン酸エチルと互いに構造異性体の関係にあり，分子内にホルミル基 (注 2) とヒドロキシ基をもつ．
- 化合物 E は不斉炭素原子をもたず，ヒドロキシ基が結合している炭素原子の隣の炭素原子に水素原子は結合していない．

(注 1)　偏光板を通した光の振動面を回転させる性質を旋光性とよぶ．

(注 2)　アルデヒド基ともよばれる．

構造式は以下の例にならって書け．不斉炭素原子には＊印をつけよ．



問 1　化合物 B の構造式を書け．

問 2　化合物 C の組成式を書け．

問 3　化合物 A〜E のうち，鏡像異性体が存在するものをすべてあげ，記号で答えよ．

問 4　下線部①の記述から，化合物 D の分子量を求め整数で答えよ．ただし，ベンゼンの凝固点は 5.533 ℃，密度は 0.880 g/cm^3，モル凝固点降下 K_f は 5.12 K·kg/mol とし，計算の過程も記述せよ．

問 5　下線部②の条件を満たす構造異性体は化合物 E も含めて何種類考えられるか書け．鏡像異性体は考慮しなくてよい．

問 6　化合物 E の構造式を書け．

問 7　化合物 A の構造式を書け．

5 バイオマス (生物資源) について記した次の文章を読んで，問 1〜問 7 に答えよ．

バイオマス由来で，ガソリンの代替エネルギーとして利用されるエタノールをバイオエタノールという．エタノールはガソリンと同様に比較的引火点が低く，発火点が高いため，ガソリンの代替が可能である．バイオエタノールを使用すれば，①排出される二酸化炭素が原料の植物の生育に使われ二酸化炭素の増減が無く，二酸化炭素の発生を実質ゼロにすることにつながる．これをカーボン（ ア ）とよぶ．現在使用されているバイオエタノールは，トウモロコシのデンプンやサトウキビを原料としている．これらを糖化し，酵母菌を作用させ，解糖と発酵の過程を経て②濃度 8-10 % のエタノールが得られ，最終的に濃度の高いエタノールを得る．このバイオエタノールは大量に消費されるため，その生産方法は穀物市場における食料とエネルギーの資源争奪を生み出す場合があり，③穀物価格の高騰という新たな問題を引き起こしている．同じくバイオマス由来で，④軽油の代替エネルギーとして利用される脂肪酸メチルエステルを，バイオディーゼルという．菜種油などの食用油の油脂 (トリアシルグリセロール) を原料とするが，使用済みの廃棄される食用油も原料として使用できる．油脂そのままで

は沸点，粘性が高く燃料としては不向きなので，油脂をメタノールと反応させ脂肪酸をメチルエステル化して製造する．

他方，プラスチックごみが社会問題となっており，微生物により分解される（ イ ）プラスチックが注目されている．代表的なものは，ポリ乳酸である．⑤ポリ乳酸は，トウモロコシなどのデンプンから糖化，解糖を経てピルビン酸とし (図 1)，さらに乳酸発酵によりピルビン酸から変換された乳酸を（ ウ ）重合することにより得られる．実際には，乳酸の環状二量体である（ エ ）を触媒存在下で重合する方法が広く使用されている．ポリ乳酸は，通常の使用条件では，他のプラスチックと同様に安定である．しかし，ポリ乳酸中の（ オ ）結合は，酸性またはアルカリ性の水分の多い土壌で（ カ ）される．生成した乳酸は，微生物によって代謝され，最終的に二酸化炭素と水に分解される．ポリ乳酸は，縫合糸など医用材料としても用いられている．施術後に抜糸する必要がなく，生体内で次第に分解し消失する．

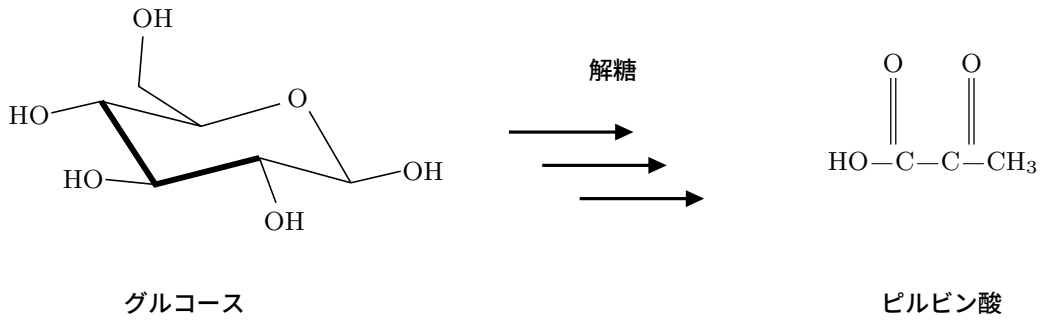


図 1．グルコース 1 分子から解糖によりピルビン酸 2 分子が生じる．

問 1　（ ア ）〜（ カ ）にあてはまる適切な語句を記せ．

問 2　下線部①について，(a) 二酸化炭素のどのような性質が問題なのか，30 字以内で記せ．(b) また，二酸化炭素以外にも，同様の理由で排出が問題とされているガスが複数ある．そのうち主なものを一つ選び，その物質名を答えよ．

問 3　下線部①に関連して．920 g のエタノールを完全燃焼したときに発生する二酸化炭素の質量を求めよ．また，その二酸化炭素が全て植物に吸収されてデンプンに変化したと仮定すると，何グラムになるか，有効数字 3 ケタで答えよ．

問 4　下線部②に関連して．エタノール水溶液からどのように濃度の高いエタノールを得たら良いか．考えられる方法を 40 字以内で詳しく記せ．

問 5　バイオマスとしてデンプンではなく，セルロースを使用すれば，下線部③のような問題は回避できると考えられるが，セルロースの使用は簡単ではない．水に溶けにくいことも一因とされているが，なぜセルロースは水に溶けにくいのか．理由について，50 字以内で記せ．

問 6　下線部④に関連して．軽油の主成分は炭素数 10〜20 程度のアルカンである．それに対して，食用油から製造した長鎖脂肪酸メチルエステルは，ある特徴のため安定性に問題がある．どのような問題が考えられるか，構造の特徴とともに 25 字以内で記せ．

問 7　図 1 において，グルコース 1 分子からピルビン酸 2 分子が生成する．下線部⑤に関連して，デンプン 810 g をもとにピルビン酸，乳酸を経てポリ乳酸を合成したとすると，理論上，ポリ乳酸は何 g 得られるか答えよ．