

化 学

学 部	学 科(コース)	配 点
理工学部	化学・生命理工学科，物理・材料理工学科， システム創成工学科(機械科学コース，社会基盤・環境コース)	300 点
	システム創成工学科(電気電子通信コース，知能・メディア情報コース)	400 点
農 学 部	植物生命科学科，応用生物化学科，森林科学科，食料生産環境 学科，動物科学科	300 点
	共同獣医学科	200 点

注 意 事 項

1. 問題は，**1** から **5** までの計 5 問です。
2. **1** から **5** までのすべてを解答しなさい。
3. 解答用紙は，(8 の 1) から (8 の 8) までの計 8 枚です。解答は，すべて解答用紙の指定欄に記入しなさい。
4. 必ず解答用紙のすべてに，本学の受験番号を記入しなさい。
5. 印刷不鮮明及びページの落丁・乱丁等に気づいた場合は，手を挙げて監督者に知らせなさい。
6. 問題冊子の余白等は適宜利用してよい。
7. 試験終了後，問題冊子及び計算用紙は持ち帰りなさい。

1) 必要なときは、次の原子量および数値を用いよ。

H : 1.00 C : 12.0 N : 14.0 O : 16.0

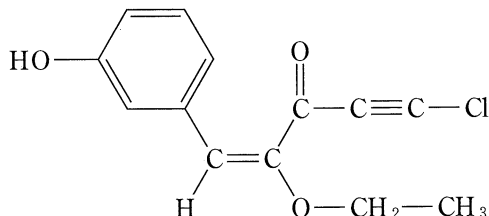
ファラデー定数 $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

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

2) 気体はすべて理想気体とし、標準状態(0℃, $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$)で1 molの気体の体積は22.4 Lとする。

3) 構造式は例にならって書け。

(例)



1 次の[I]と[II]の文章を読み、問1～問9に答えよ。

[I] 空気を構成する成分のうち、約78%は , 21%は であり、残りの1%はアルゴンや二酸化炭素などである。 や は、 個の原子が 結合によって結合した分子である。 を構成する原子は価電子数が であるから、構成する原子どうしが 重結合を形成する。この結合は、結合エネルギーが非常に大きいため、 は常温では化学反応性に乏しく不活性ガスとも呼ばれる。 には、 個の同一原子で構成される同素体の が存在する。 は非常に高い酸化力を示し、飲料水の殺菌や空気の消臭などに用いられる。

や は、水にわずかに溶解する。その溶解量は、温度^②や圧力によって変化することが知られている。

問 1. 空欄 ~空欄 に入る適切な語句または化学式を書け。

問 2. 空欄 ~空欄 に入る適切な数値を書け。

問 3. 下線部①について、次の数値を用いて、 分子中の 重結合の結合エネルギー [kJ/mol] を有効数字 2 桁^{けた}で求めよ。また、計算過程も示せ。

水素分子中の H—H 間の結合エネルギー：436 kJ/mol

アンモニア分子中の各々の N—H 間の結合エネルギー：390 kJ/mol

アンモニア(気)の生成熱：46 kJ/mol

問 4. 下線部②について、 は、20℃、 1.00×10^5 Pa において水 1 L に 1.40×10^{-3} mol 溶解する。20℃で 1.00×10^5 Pa の空気が水 100 L に接しているとき、100 L の水に溶解している の体積は標準状態で何 L であるか、有効数字 2 桁^{けた}で書け。また、計算過程も示せ。

[II] 次の実験 1 ~ 実験 4 をおこなった。

実験 1：白金電極を用いて、水酸化ナトリウム水溶液を 1.93 A の電流で 32600 秒間電気分解したところ、陽極と陰極のいずれからも気体が発生した。^③ 陰極から発生した気体を水上置換法で捕集し、十分に時間を経過した後に体積を測定したところ、体積は V [L] であった。^④

実験 2：白金電極を用いて、硫酸水溶液を電気分解したところ、陽極と陰極のいずれからも気体が発生した。^⑤ 両極から発生した気体を捕集し、それぞれの性質を調べたところ、**実験 1** において発生した気体と同じであった。

実験 3：放電した鉛蓄電池を、充電したところ、一方の電極の表面が黒褐色に変化していた。^⑥

実験 4 : **実験 3** で得られた充電後の蓄電池を放電したところ、電流が流れた。完全に放電するまでに流れた電気量を測定したところ Q [C] であった。

問 5. 下線部③について、**実験 1** における陽極および陰極で起こる化学反応の反応式を書け。

問 6. 下線部④について、温度 $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、大気圧 $1.013 \times 10^5\text{ Pa}$ のとき、発生した気体の体積 V [L] を有効数字 2 桁^{けた}で求めよ。また、計算過程も示せ。ただし、 $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ における水の飽和蒸気圧は $3.5 \times 10^3\text{ Pa}$ とする。また、発生した気体の水への溶解量は無視できるほど小さいとする。

問 7. 下線部⑤について、**実験 2** における陽極および陰極で起こる化学反応の反応式を書け。

問 8. 下線部⑥について、**実験 3** で黒褐色の物質が生成した電極は陰極と陽極のいずれであるかを示せ。また、この黒褐色の生成物の化学式を書け。

問 9. **実験 3** において、黒褐色の物質の生成量が 23.9 g であったとき、**実験 4** において流れた電気量 Q [C] を有効数字 2 桁^{けた}で求めよ。また、計算過程も示せ。

2 次の[I]と[II]の文章を読み、問1～問9に答えよ。

[I] 沸騰している純水中に塩化鉄(III)水溶液を少量ずつ加えると、ア
①の粒子が生成し、赤褐色のコロイド溶液が得られた。このコロイド溶液を用いて以下の実験をおこなった。

実験1：限外顕微鏡げんがいを用いてコロイド粒子を観察すると、光った粒子が不規則に運動しているのが見られた。

実験2：このコロイド溶液をセロハン袋に入れて、ピーカー内で純水中に浸した。十分に時間が経過した後、セロハン袋の外側の水にプロモチモールブルー(BTB)溶液を加えた。

実験3：このコロイド溶液をU字管に入れ、2本の電極を差し込み、電極間に直流電圧をかけたところ、コロイド粒子が陰極側に移動した。

問1. 下線部①により空欄アが生成する化学反応式を示せ。

問2. **実験1**で観察された粒子の運動を何というか答えよ。また、このような運動をする理由を30字以内で書け。

問3. **実験2**において、BTB溶液を加えると何色になるか答えよ。また、その色となる理由を、「透析」という語句を用いて45字以内で書け。

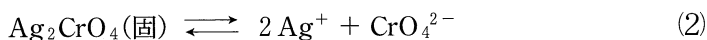
問4. 次の電解質の水溶液のうち、コロイド粒子を最も凝析させやすい電解質はどれか。なお、電解質の塩の濃度は、同じモル濃度とする。**実験3**で得られた結果をもとに(A)～(D)の中から1つ選び、記号で答えよ。また、選んだ理由を45字以内で書け。

(A) NaCl (B) MgCl₂ (C) KNO₃ (D) Al₂(SO₄)₃

問 5. 次の(A)~(F)のうち、コロイドであるものには「○」、コロイドではないものには「×」を書け。また、コロイドであるものは、分散質と分散媒をそれぞれ答えよ。

- (A) セッケン水 (B) 食塩水 (C) スクロース水溶液
(D) 雲 (E) 墨汁 (F) ダイヤモンド

[II] 陽イオンと陰イオンが 力で引き合って結びつき、できている結晶をイオン結晶という。水にイオン結晶を入れると水分子を引きつけ イオンとなり水中に拡散することで、水に溶解する。一般的にイオン結晶は水に溶けやすいものが多いが、塩化銀、硫酸バリウム、炭酸カルシウムなどは、イオンどうしの結びつきが強いため、水に溶けにくい。これらの難溶性塩は、水に加えて混ぜると、一部が溶解して飽和水溶液になる。塩化銀およびクロム酸銀の場合、それぞれ次のような溶解平衡が成り立つ。



このとき、水溶液中の銀イオンのモル濃度と、塩化物イオンのモル濃度またはクロム酸イオンのモル濃度の積は、温度が変わらなければ一定に保たれる。この値を溶解度積といい、 K_{sp} で表される。ある温度 T [K] における塩化銀とクロム酸銀の K_{sp} は、それぞれ次のとおりである。

$$K_{sp} = [\text{Ag}^+][\text{Cl}^-] = 4.0 \times 10^{-10} (\text{mol/L})^2 \quad (3)$$

$$K_{sp} = [\text{Ag}^+]^2[\text{CrO}_4^{2-}] = 3.0 \times 10^{-12} (\text{mol/L})^3 \quad (4)$$

問 6. 空欄 と空欄 に入る適切な語句を答えよ。

問 7. ある温度 T の塩化銀の飽和水溶液における銀イオンのモル濃度を有効数字 2 桁で求めよ。また、計算過程も示せ。

問 8. 1.5×10^{-5} mol/L の塩化カルシウム水溶液 10.0 mL に 1.5×10^{-5} mol/L の硝酸銀水溶液を 5.0 mL 加えたとき、ある温度 T において沈殿が生じるか、計算過程を示し、説明せよ。

問 9. 塩化ナトリウム水溶液 10 mL を正確にコニカルビーカーにとり、クロム酸カリウム水溶液を指示薬として適量加えた。この溶液を中性から塩基性 (pH 7~10) に保ってビュレットを用いて 0.050 mol/L の硝酸銀水溶液を滴下すると、15.40 mL 加えたところで赤褐色の沈殿が^②できはじめたため、塩化ナトリウム水溶液の AgNO_3 水溶液による滴定の終点とした。なお終点での水溶液中の塩化物イオンの濃度は塩化ナトリウムの濃度に比べて無視できるほど小さい。この実験に関する下記の設問(1)と設問(2)を答えよ。

(1) 下線部②で生成した赤褐色の沈殿物は何か、化学式で答えよ。

(2) この滴定から求められる塩化ナトリウムのモル濃度を有効数字 2 桁^{けた}で求めよ。また、計算過程も示せ。

3 次の[I]と[II]の文章を読み、問1～問8に答えよ。

[I] 窒素肥料は食糧の増産に多大な貢献をしてきている。アンモニアは多くの場合アンモニウム塩のかたちで窒素肥料として用いられているが、その一例として硫酸アンモニウムが挙げられる。硫酸アンモニウムは、気体のアンモニアを液状の硫酸に通気することで合成することができるが、現在では工業生産で使用した硫酸あるいはアンモニアを硫酸アンモニウムとして回収する製造法が主流となっている。例えば、ナイロン6の原料である環状アミド構造を有する の合成時に中和のためにアンモニアが使用され、多量の硫酸アンモニウムが回収される。また、アンモニアはオストワルト法と呼ばれる一連の反応において 、次いで となり、さらに と水が反応することで硝酸が生じる。 は空気中ではすぐに酸化されて になるという性質を持つ。硝酸の塩も窒素肥料として広く用いられている。その他にも、アンモニアと から合成される 尿素 も主要な窒素肥料として使用されている。

問 1. 空欄 ～空欄 に入る適切な物質名または化学式を書け。

問 2. 空欄 、空欄 、硝酸について、窒素原子の酸化数をそれぞれ答えよ。

問 3. アンモニアや硝酸に関する以下の(a)～(e)の反応の化学反応式を書け。

- (a) 下線部①の反応。
- (b) 下線部②の反応。
- (c) 濃塩酸に気体のアンモニアを近づけると白煙が生じた。
- (d) 塩化銀にアンモニア水を加えると無色の水溶液になった。
- (e) 銅に濃硝酸を加えると が発生した。

問 4. 尿素を 1000 kg 合成するときに理論上必要なアンモニアの質量 [kg] を有効数字 2 桁^{けた}で求めよ。また、計算過程も示せ。

[II] Na^+ , Ca^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Pb^{2+} の5種類のイオンを含む水溶液に、
 図1に示す手順の実験操作をおこなった。この水溶液に希塩酸を加え、生じた白色の沈殿①をろ過して除いた。ろ液①に硫化水素を通じ、生じた黒色の硫化銅の沈殿②をろ過して除いた。ろ液②を加熱し溶解している硫化水素を除いた後、アンモニア水を過剰に加え、再度硫化水素を通じ、生じた白色の硫化亜鉛の沈殿③をろ過して除いた。ろ液③に炭酸アンモニウム水溶液を加え、生じた白色の沈殿④を除いてろ液④を得た。これらの操作により、それぞれのイオンを分離した。

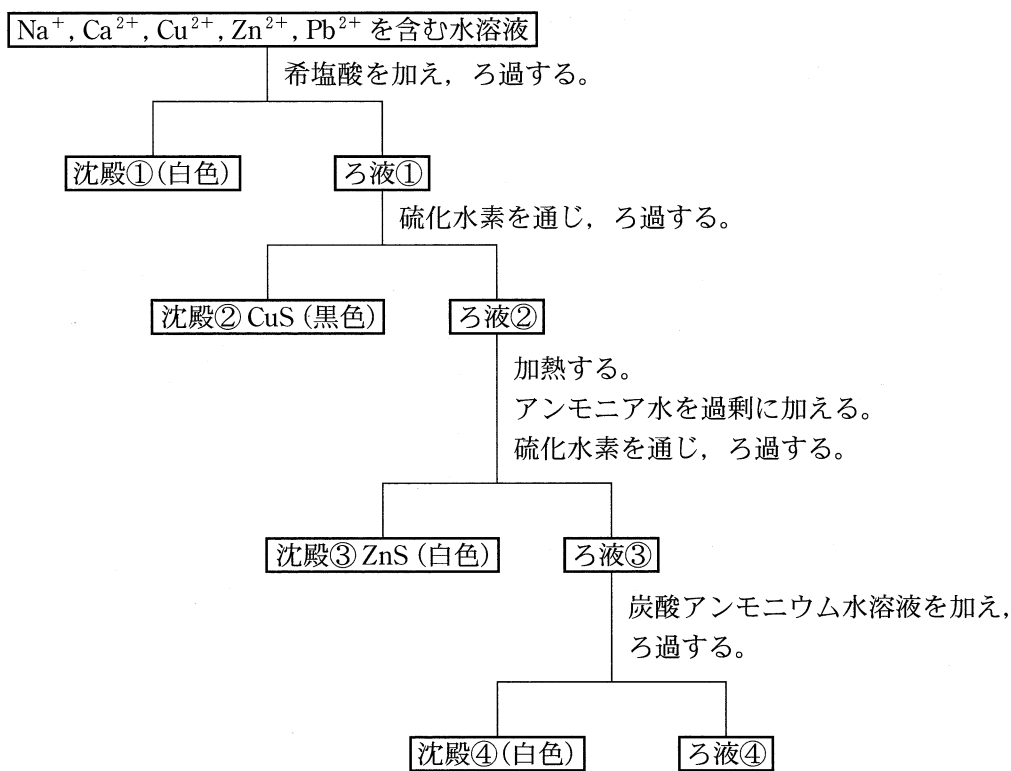


図1

問 5. 沈殿①, 沈殿④が生じるときのイオン反応式をそれぞれ書け。

問 6. ろ液④は黄色の炎色反応を示した。ろ液④に含まれるイオンの化学式を書け。また, これと同族元素のイオンのうち, 原子番号の最も小さい方から 2 種類の元素のイオンの化学式およびそれぞれの炎色反応による呈色を書け。

問 7. 沈殿①に含まれる金属元素の単体の説明として正しいものを, 以下の(a)~(e)からすべて選べ。

- (a) 融点が低く, 常温では液体として存在する。
- (b) 熱伝導性と電気伝導性が金属の中で最も大きい。
- (c) 硝酸や強塩基の水溶液に溶ける。
- (d) この金属をメッキした鋼板をブリキと言う。
- (e) 放射線遮へい物質として使われている。

問 8. 下記のいずれかのイオンを含む水溶液に硫化水素を通じるとき, その水溶液が中性から塩基性のときに沈殿が生じるもの, 液性に関係なく沈殿が生じるもの, 液性に関係なく沈殿が生じないものをそれぞれすべて選び, 記号で答えよ。

- | | | |
|---------------|---------------|---------------|
| (a) Mg^{2+} | (b) Al^{3+} | (c) Mn^{2+} |
| (d) Ni^{2+} | (e) Cd^{2+} | (f) Ag^+ |

4 次の[I]と[II]の文章を読み、問1～問9に答えよ。

[I] 次の化合物A～Dについて、以下の問1～問4に答えよ。

A：エタン B：エチレン C：アセチレン D：ベンゼン

問 1. 下の記述①～③に当てはまる化合物を、化合物A～Dの中からすべて選び、その記号を記せ。

- ① すべての原子が同一平面上にある。
- ② 炭素原子間の結合は、それを軸とした自由回転ができる。
- ③ 硫酸酸性過マンガン酸カリウム水溶液の赤紫色を消失させる。

問 2. 化合物A～Dを炭素原子間の結合距離の長いものから順に並べ、記号で答えよ。

問 3. 下の記述①～③の反応を有機化合物の構造式を用いる化学反応式で書け。

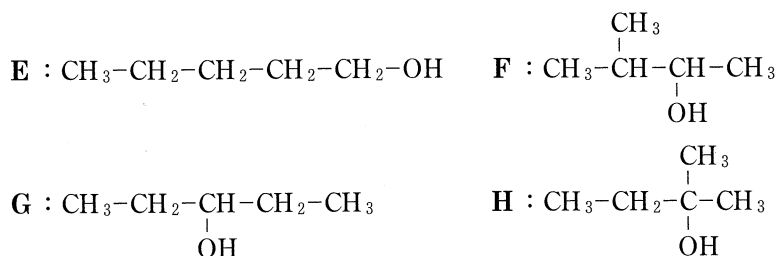
- ① 1分子の化合物Aに紫外線照射下で塩素1分子を反応させる。
- ② 1分子の化合物Bに塩素1分子を反応させる。
- ③ 1分子の化合物Dに鉄粉を触媒として塩素1分子を反応させる。

問 4. 化合物Cをアンモニア性硝酸銀水溶液に通じると、白色沈殿を生じる。

この反応に関する下記の設問(1)と設問(2)に答えよ。

- (1) 白色沈殿の名称を書け。
- (2) この反応を化学反応式で書け。

[II] 分子式 $C_5H_{12}O$ で表されるアルコールには、8種類の構造異性体がある。次の化合物E～Hはそのうちの4種類である。以下の問5～問9に答えよ。



問 5. 8 種類の構造異性体のうち、上の化合物 E~H 以外の 4 種類のアルコールの構造式をすべて書け。

問 6. 化合物 E, G, H を沸点の高い順に並べ、記号で答えよ。

問 7. 硫酸酸性二クロム酸カリウム水溶液を用いて化合物 E を酸化すると化合物 I になり、さらに過マンガン酸カリウム水溶液を用いて酸化すると酸性化合物 J となった。また、同様に化合物 F を酸化すると化合物 K となった。この化合物 I~K に関して、下記の設問(1)~(3)に答えよ。

- (1) 化合物 I~K の構造式を書け。
- (2) 化合物 I~K それぞれに水酸化ナトリウム水溶液とヨウ素を加えて加熱したとき、黄色沈殿を生じるものはどれか。記号で答えよ。また、この黄色沈殿の化学式を書け。
- (3) 化合物 I~K それぞれをフェーリング液に加えて熱したとき、赤色沈殿を生じるものはどれか。記号で答えよ。また、この赤色沈殿の化学式を書け。

問 8. 化合物 G の分子内脱水反応から得られるすべての有機化合物の構造式を書け。

問 9. 化合物 H とナトリウムを反応させたところ、気体が発生した。この反応に関する下記の設問(1)と設問(2)に答えよ。

- (1) 化合物 H とナトリウムの化学反応式を書け。
- (2) 1.10 g の化合物 H に十分な量のナトリウムを反応させたとき、発生する気体の質量 [mg] を有効数字 2 桁^{けた}で求めよ。また、計算過程も示せ。

5

次の[I]と[II]の文章を読み、問1～問7に答えよ。

[I] グルコースから成る天然高分子として、デンプンとセルロースがある。

デンプンは多数の α -グルコースが 縮合した多糖類で、アミロースとアミロペクチンとで構成されている。アミロースは α -グルコースが α -1,4-グリコシド結合^(注1)により連結された直鎖状分子で、分子内でヒドロキシ基が 結合を形成し、らせん構造をとっている。一方、アミロペクチンは α -1,4-グリコシド結合だけではなく、 α -1,6-グリコシド結合^(注2)によって枝分かれした構造をもつ。アミロペクチンのすべてのヒドロキシ基(-OH)をヨードメタンでメチル化して、^①-OCH₃に変換後、希硫酸を反応させるとグリコシド結合が完全に加水分解され、グルコースが部分的にメチル化された生成物が得られる。この加水分解生成物の存在比から、アミロペクチンの枝分かれの数を推定することができる。

セルロースは、多数の β -グルコースが β -1,4-グリコシド結合^(注3)で 縮合し、直鎖状に連なっている多糖類である。直鎖状のセルロース分子の間には多くの 結合が形成されるため、分子は平行に並びやすく、強い繊維状の物質となり、衣料品や紙製品に広く利用されている。麻や綿はセルロースを主成分とする天然繊維である。また、セルロースに化学的に処理をしてより長く繊維化したものを再生繊維や^②半合成繊維という。

(注1) α -グルコース同士が1位の-OHと4位の-OHで 縮合してできた結合。

(注2) α -グルコース同士が1位の-OHと6位の-OHで 縮合してできた結合。

(注3) β -グルコース同士が1位の-OHと4位の-OHで 縮合してできた結合。

問1. 空欄 と空欄 に入る適切な語句を書け。

問 2. 平均分子量 4.86×10^5 のアミロペクチン 7.78 g を使って、下線部①のように操作をおこなったところ、3 種類のメチル化されたグルコース (化合物 A, B, C) が生成した。それぞれ、化合物 A が 0.355 g, 化合物 B が 9.99 g, 化合物 C が 0.313 g であった。なお、希硫酸で完全に加水分解すると、グルコースの 1 位の $-OCH_3$ も $-OH$ に加水分解される。下記の設問 (1)~(3) に答えよ。

(1) このアミロペクチン 1 分子中には平均して何個のグルコースが含まれるか。下から選べ。

- ① 2000 ② 3000 ③ 3500 ④ 4000 ⑤ 4500

(2) 生成した 3 種類のメチル化グルコース (化合物 A, B, C) の構造式を、図 2 を参考に書け。なお、分子量はそれぞれ、化合物 A は 236, 化合物 B は 222, 化合物 C は 208 である。

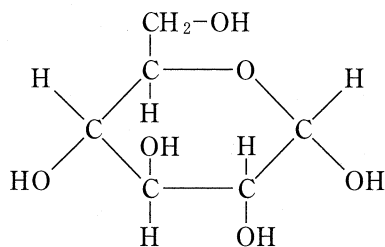


図 2 α -グルコース

(3) このアミロペクチン 1 分子中に含まれるグルコース単位の枝分かれの数を整数で答えよ。なお、計算過程も示せ。

問 3. 下線部②に関する下記の問いに答えよ。

セルロースに無水酢酸を十分に反応させると、ヒドロキシ基がアセチル化され、トリアセチルセルロースが得られる。トリアセチルセルロースを部分的に加水分解し、ジアセチルセルロースにすると、アセトンに溶けるようになる。このジアセチルセルロースのアセトン溶液を細孔から温かい空気中に押し出し乾燥させると D という繊維が得られる。下記の設問(1)~(3)に答えよ。

- (1) トリアセチルセルロースの構造式を図3にならって示せ。 n は重合度である。

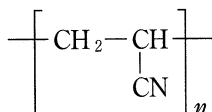


図3 ポリアクリロニトリル

- (2) **D**の名称を答えよ。
- (3) 上述の方法でセルロースのヒドロキシ基を完全にアセチル化した場合、トリアセチルセルロースを1440 g得るのに必要なセルロースの質量[g]を求めよ。なお、計算過程も示せ。

[II] プラスチック(合成樹脂)とは合成高分子のうち熱や圧力で成形加工できるものである。現代社会で幅広く利用され、社会活動に大きな恩恵をもたらしているが、廃棄物処理や環境汚染の問題により、代替品としての生分解性プラスチック(生分解性高分子化合物)の研究開発が進められている。生分解性プラスチックは、一般的に「使用するときにはプラスチックとしての性質を維持しつつ、使用後は自然界の微生物などの働きによって生分解され、最終的には水と二酸化炭素に完全に分解されるプラスチック」とされている。

ここに生分解性の高分子化合物**E**がある。高分子化合物**E**は微生物の発酵によりデンプンから生成される化合物**F**の重合により得られる合成高分子化合物である。

問 4. 合成樹脂は大きく、熱可塑性樹脂と熱硬化性樹脂に分類される。それぞれの特徴と例で正しいものを以下からすべて選べ。

- ① 熱硬化性樹脂は付加重合で合成されるものが多い。
- ② 熱可塑性樹脂は網目状の架橋構造をとるものが多い。
- ③ 熱硬化性樹脂は耐熱性に優れる。
- ④ エチレンを付加重合させるとポリエチレンが得られる。
- ⑤ フェノール樹脂はフェノールとマレイン酸の付加重合によってつくられる。
- ⑥ ナイロン 66 はヘキサメチレンジアミンとアジピン酸の縮合重合によってつくられる。

問 5. 以下の①～③は化合物 F の説明である。化合物 F の構造式と名称を書け。なお、不斉炭素原子には*印を付記せよ。

- ① 化合物 F はグルコースと同じ組成式を持つが、分子量はグルコースより小さい。また、不斉炭素原子をもつ。
- ② 化合物 F を炭酸水素ナトリウム水溶液と反応させると気体を発生しながら溶解した。
- ③ 化合物 F に二クロム酸カリウム水溶液を加えたところ、化合物 G を生成した。化合物 G は銀鏡反応を示さなかった。

問 6. 化合物 G の構造式を書け。

問 7. 高分子化合物 E 中の単量体間をつなぐ官能基と同じ官能基からなる高分子化合物を下記から 1 つ選び、記号で答えよ。

- ① ナイロン 66 ② ナイロン 6 ③ ピニロン
- ④ シリコーン樹脂 ⑤ ポリ塩化ビニル
- ⑥ ポリエチレンテレフタレート