

## 平成 31 年度入学者選抜試験問題

理学部 理学科

医学部 医学科

工学部 高分子・有機材料工学科，化学・バイオ工学科，  
情報・エレクトロニクス学科，機械システム工学科，システム創成工学科  
農学部 食料生命環境学科

# 理 科

(化 学)

## 前 期 日 程

### 注 意 事 項

- 1 試験開始の合図があるまで，この問題冊子の中を見てはいけません。
- 2 この問題冊子の本文は 1 ページから 20 ページまでです。
- 3 試験中に問題冊子の印刷不鮮明・落丁・乱丁，解答用紙の汚れなどに気が付いた場合は，手を挙げて監督者に知らせてください。
- 4 監督者の指示にしたがって，解答用紙に**大学受験番号**を正しく記入してください。  
**大学受験番号**が正しく記入されていない場合は，採点されないことがあります。
- 5 **理学部受験者は第 1 問，第 2 問，第 3 問，第 4 問，第 5 問，第 6 問の 6 問**を解答してください。  
**医学部受験者は第 1 問，第 2 問，第 3 問，第 5 問の 4 問**を解答してください。  
**工学部受験者は第 1 問，第 2 問，第 3 問，第 4 問，第 5 問，第 6 問の 6 問**を解答してください。  
**農学部受験者は第 1 問，第 2 問，第 3 問，第 4 問，第 5 問，第 6 問の 6 問**を解答してください。
- 6 解答用紙の注意事項をよく読み，指示にしたがって解答してください。
- 7 試験終了後，問題冊子と下書き用紙は持ち帰ってください。

# 第 1 問

次の文章を読み、下の(1)～(4)の問いに答えなさい。必要ならば、原子量、気体定数( $R$ )ならびにアボガドロ定数( $N_A$ )は次の値を使うこと。

$$H \ 1.0 \quad C \ 12 \quad O \ 16$$

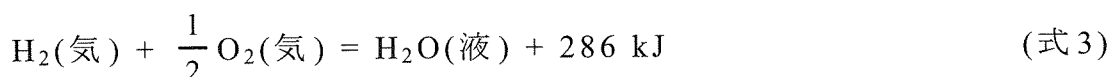
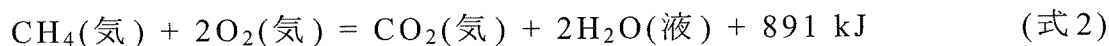
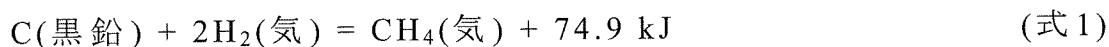
$$R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$$

$$N_A = 6.0 \times 10^{23} / \text{mol}$$

炭素原子には **ア** が 12, 13, 14 の **イ** が知られている。このうち、 $^{12}\text{C}$  はその原子 1 個の **ウ** が原子量の基準となっている。また、 $^{14}\text{C}$  は **エ** を有するため、 $^{14}\text{C}$  の存在比と半減期を利用して、木製の歴史的遺物などの年代が推定できる。炭素の単体には黒鉛やフラーレンなどの **オ** が存在する。炭素を完全燃焼させることで得られる (a) 二酸化炭素 は、常温常圧では気体であるが、 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  の圧力下で冷却すると液化することなく、結晶である (b) ドライアイス になる。

(1) 空欄 **ア** ～ **オ** にあてはまる適切な語句を記しなさい。

(2) 次の熱化学方程式(式1)～(式3)を用いて、下線部(a)の二酸化炭素の生成熱を求め、有効数字3桁で記しなさい。計算過程も記しなさい。



(3) 内容積 5.0 L の密閉容器を二酸化炭素で満たし、これに 0.50 L の水を入れ、 $0^\circ\text{C}$  に保った。気体部分の圧力を測定したところ、 $5.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  で一定になった。密閉容器中の二酸化炭素の物質量を次の手順で求めなさい。ただし、二酸化炭素は理想気体とみな

し、その水に対する溶解についてはヘンリーの法則にしたがうものとする。また、水の蒸気圧および二酸化炭素の溶解による水の体積変化は無視するものとする。

(i) 気体部分の二酸化炭素の物質量を求め、有効数字2桁で記しなさい。計算過程も記しなさい。

(ii) 水に溶解している二酸化炭素の物質量を求め、有効数字2桁で記しなさい。計算過程も記しなさい。ただし、二酸化炭素は、 $0^{\circ}\text{C}$ 、 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ において水1.0 Lに $7.7 \times 10^{-2} \text{ mol}$ 溶ける。

(iii) 密閉容器中の二酸化炭素の物質量を求め、有効数字2桁で記しなさい。

(4) 下線部(b)のドライアイスの結晶構造は、金属結晶の面心立方格子において、金属原子を二酸化炭素分子に置き換えた構造と考えることができる。ドライアイスの密度を次の手順で求めなさい。

(i) 結晶構造が面心立方格子である金属結晶について、その単位格子に含まれる金属原子の数を記しなさい。

(ii) 単位格子の一辺の長さを $5.6 \times 10^{-10} \text{ m}$ として、ドライアイスの密度を求め、有効数字2桁で記しなさい。計算過程も記しなさい。

第2問 次の文章を読み、下の(1)～(7)の問いに答えなさい。

水素と<sup>(a)</sup>ヨウ素の混合気体を加熱すると、(式1)にしたがってヨウ化水素が気体として生成する。



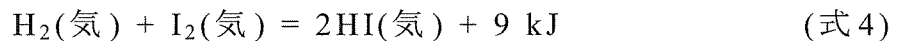
逆に、ヨウ化水素を加熱すると(式2)にしたがって分解して、水素とヨウ素が生成する。



すなわち、これらは可逆反応であり(式3)のように表される。



また、(式1)の反応の熱化学方程式は、(式4)で表される。



(式1)、(式2)それぞれの反応速度  $v_1$ 、 $v_2$  は、反応速度定数を  $k_1$ 、 $k_2$  としてそれぞれ(式5)、(式6)で表される。

$$v_1 = k_1[\text{H}_2][\text{I}_2] \quad (\text{式5})$$

$$v_2 = k_2[\text{HI}]^2 \quad (\text{式6})$$

内容積が  $V$  [L] で一定の密閉容器中で、水素とヨウ素をそれぞれ  $n_0$  [mol] 用いて、温度を一定に保って反応を行った。反応中のヨウ素の物質質量と反応時間との関係をグラフに表すと、図1が得られた。

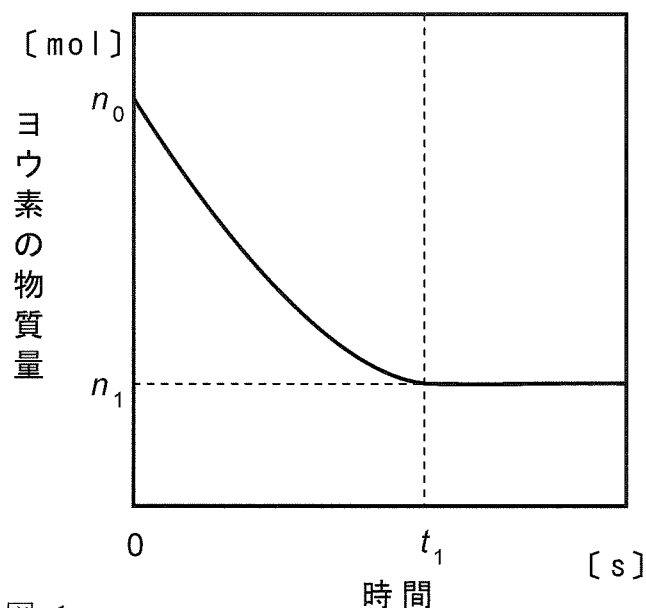


図 1

- (1) 下線部(a)の性質に関して、次の①～⑤のうちから誤りを含むものをすべて選び、記号で記しなさい。
- ① 昇華しやすい固体である。
  - ② 他の物質を酸化する性質があり、その酸化力は臭素よりも強い。
  - ③ 黄緑色を示し、毒性がある。
  - ④ 水に溶けにくく、水とほとんど反応しない。
  - ⑤ デンプンの検出に用いることができる。
- (2) 図1の時間  $t_1$  で生成するヨウ化水素の物質量を、図1に示された  $n_0$ ,  $n_1$ ,  $t_1$  のうち適切なものを用い、文字式で記しなさい。
- (3) 図1に示したように、時間  $t_1$  を過ぎるとヨウ素の物質量は変化しなくなった。このような状態になる理由を「反応速度」という語句を用いて、句読点を含め25字以内で記しなさい。
- (4) 図1が得られた実験と同じ条件で触媒を加えた。この場合のヨウ素の物質量は時間とともにどのように変化するか、解答用紙のグラフ中に実線で記しなさい。ただし、解答用紙のグラフには、図1と同じ曲線が点線で示されている。
- (5) (式1)の反応の活性化エネルギーが  $174 \text{ kJ/mol}$  であるとき、(式2)の反応の活性化エネルギーを記しなさい。
- (6) 内容積  $50 \text{ L}$  の密閉容器中に、水素  $1.2 \text{ mol}$  とヨウ素  $1.2 \text{ mol}$  からなる混合気体を入れ、ある温度に加熱した。時間の経過とともにヨウ素の物質量は減少したが、 $0.20 \text{ mol}$  になってからは変化しなくなった。この温度での(式3)に対する平衡定数を求め、有効数字2桁で記しなさい。計算過程も記しなさい。ただし、容器内の物質はいずれもこの条件では気体であるものとする。

- (7) (6) において  $k_1$  は  $1.2 \times 10^{-6} \text{ L}/(\text{mol}\cdot\text{s})$  であった。同じ温度での  $k_2$  を求め、有効数字 2 桁で記しなさい。計算過程も記しなさい。



### 第 3 問

次の問い（問 1，問 2）に答えなさい。必要ならば，原子量ならびにファラデー定数 ( $F$ ) は次の値を使うこと。

H 1.00    N 14.0    O 16.0    S 32.0    Pb 207

$$F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$$

問 1 次の文章を読み，下の（1）～（5）の問いに答えなさい。

硫黄は，多くの元素と化合物をつくり，地殻中に鉱物として多量に存在するほか，単体としても自然界に存在している。硫黄の単体には<sub>(a)</sub>斜方硫黄，単斜硫黄，ゴム状硫黄などが存在し，医薬品，農薬，ゴム，硫酸などの製造に利用されている。

硫酸は，金属精錬，製紙，食品工業，薬品製造など，化学工業で広く用いられており，工業的には次のようにつくられる。すなわち，<sub>(b)</sub>空気中で硫黄を燃焼し A をつくる。次に，触媒を用いて<sub>(c)</sub>空気中の酸素で A を酸化し，B をつくる。続いて，**B** を濃硫酸中に吸収させて，<sub>(d)</sub>B と水とを反応させる。濃硫酸は無色で粘性および沸点の高い液体であり，<sub>(e)</sub>吸湿性，脱水作用，不揮発性を示し，また，熱濃硫酸は酸化作用を示す。

- (1) 下線部(a)に記された硫黄の単体の中で二硫化炭素に溶解しないものをすべて記しなさい。
- (2) 下線部(b)～(d)の反応を化学反応式で記しなさい。
- (3) 下の I～III は下線部(e)で示された 4 つの硫酸の特徴のうちどれを利用したものか。その特徴を次の〔 〕内から 1 つ選び，記しなさい。また，それぞれの反応を化学反応式で記しなさい。

〔吸湿性，脱水作用，不揮発性，酸化作用〕



- I スクロース（ショ糖）に濃硫酸を加えると黒色に変化した。
- II 塩化ナトリウムに濃硫酸を加えて熱したところ、反応して酸が遊離した。
- III 銅に濃硫酸を加えて熱したところ、反応して気体が発生した。

(4) 下線部(c)の反応は発熱を伴う平衡反応である。この反応が平衡に達した際に、生成物が多くなるようにするには圧力と温度をどのように操作すればよいか。最も効果的な組み合わせを次の①～⑥のうちから選び、記号で記しなさい。

- ① 圧力を上げ、温度を上げる。
- ② 圧力を上げ、温度を下げる。
- ③ 圧力を変えず、温度を上げる。
- ④ 圧力を変えず、温度を下げる。
- ⑤ 圧力を下げ、温度を上げる。
- ⑥ 圧力を下げ、温度を下げる。

(5) 硫酸は鉛蓄電池に用いられている。鉛蓄電池は約30%の希硫酸に鉛と酸化鉛(IV)それぞれを電極として浸したもので、放電すると両極の表面に硫酸鉛(II)を生じる。

(i) 放電時に正極と負極で起こる反応を電子  $e^-$  を含むイオン反応式でそれぞれ記しなさい。

(ii) 起電力 2.10 V の鉛蓄電池を、2.00 A で、ある時間放電したところ、正極板と負極板の質量変化の合計が 9.60 g であった。このときの放電時間と正極板の質量変化量を求め、それぞれ有効数字 3 桁で記しなさい。

問 2 次の文章を読み，下の（1）～（4）の問いに答えなさい。

ケイ素は，岩石や鉱物の成分元素として，地殻中で **ア** の次に多く存在する元素である。ケイ素の単体は天然には存在せず，(a) 二酸化ケイ素を還元してつくられる。ケイ素の単体は炭素の単体である **イ** と同じ構造の結晶を形成する。**イ** は電気を通さないのに対し，ケイ素の結晶は電気をわずかに通すため，**ウ** として太陽電池や電子部品の材料に利用されている。

ケイ素の酸化物も身近に使われている。二酸化ケイ素は安定な化合物であり，ガラスの原料として利用されている。一方でハロゲン化水素のひとつである化合物 **A** の水溶液は二酸化ケイ素を溶かすため，ガラス瓶ではなくポリエチレン容器に保存される。**A** は第 5 周期までのハロゲン化水素の中で著しく沸点が高い。これは **A** の分子間に **エ** が形成されるためである。

- (1) 空欄 **ア** ～ **エ** にあてはまる適切な語句を記しなさい。
- (2) 下線部 (a) に関して，二酸化ケイ素をコークス（炭素）で還元してケイ素を得る反応を化学反応式で記しなさい。
- (3) 空欄 **エ** が原因となる事象を次の①～⑤のうちからすべて選び，記号で記しなさい。
- ① 天然ゴムに硫黄を 5～8% 加えて熱したところ，弾性が大きくなった。
  - ② 固体の水の密度を測定したところ，液体の水より小さかった。
  - ③ ベンゼンに水素を付加させたときに放出されるエネルギーを求めたところ，仮想的な分子である 1,3,5-シクロヘキサトリエンに水素を付加させたときに放出されるエネルギーより小さかった。

- ④ 14 族元素の水素化合物は分子量が大きいほど沸点が高い。
- ⑤ フマル酸の融点を測定したところ，その立体異性体のマレイン酸に比べ融点が高かった。

(4) 炭素とケイ素はいずれも 14 族に属するが，その酸化物の性質は大きく異なる。二酸化炭素は常温で昇華するのに対し，二酸化ケイ素（石英）は常温で固体であり，その融点は高い。このような違いが生じる理由を句読点を含め 35 字以内で記しなさい。

## 第4問

次の問い（問1，問2）に答えなさい。必要ならば，原子量は次の値を使うこと。

H 1.00    N 14.0    O 16.0    S 32.0    Cl 35.5    Cu 63.5

問1 次の文章を読み，下の（1）～（4）の問いに答えなさい。

水溶液 **A**～**F** は次の〔 〕内のいずれかの金属イオンを1種類だけ含んでいる。これらの溶液から少量を取り分け，下の I～V に記す観察や実験をおこなった。

〔 亜鉛イオン，アルミニウムイオン，銀イオン，  
鉄(Ⅲ)イオン，銅(Ⅱ)イオン，鉛(Ⅱ)イオン 〕

- I 水溶液 **A** は青色であり，水溶液 **C** は黄褐色であった。
- II 水溶液 **B** および **E** に塩酸を加えると沈殿が生じた。
- III すべての水溶液に少量の水酸化ナトリウム水溶液を加えた。
- IV 水溶液 **D**，**E** および **F** に水酸化ナトリウム水溶液を十分に加えると，濁りのない透明な水溶液が得られた。
- V 水溶液 **A**，**B** および **D** にアンモニア水を加えると沈殿が生じ，さらに加えるとその沈殿が溶解した。

- (1) 水溶液 **A**～**F** に含まれる金属イオンをそれぞれイオン式で記しなさい。
- (2) IIIの実験を行ったところ，沈殿を生じた金属イオンは何種類あるか記しなさい。また，その金属イオンをイオン式ですべて記しなさい。

(3) IIIの実験で生じた沈殿のうち，加熱することで分解し酸素のみを発生するものを化学式ですべて記しなさい。

(4) 高濃度で銅(II)イオンを含む濃アンモニア水から，深青色の結晶が得られた。この結晶は銅(II)イオンを含む錯イオンと溶液中に含まれていた陰イオンからなる錯塩である。この錯塩の元素分析をおこなったところ，水素と窒素の含有率\*はそれぞれ5.70%と22.80%であった。この錯塩の組成式として適切なものを次の①～③のうちから選び，記号で記しなさい。また，選択した理由がわかるように計算過程も記しなさい。

\*試料中の構成元素の質量の比率を含有率という。

- ①  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_2$
- ②  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4(\text{H}_2\text{O})_2](\text{OH})_2$
- ③  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$

問2 次の(1)～(5)の問いに答えなさい。

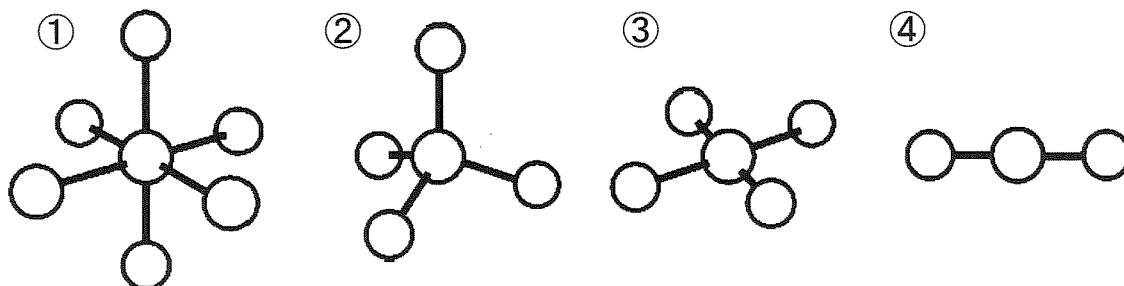
(1) 鉄(単体)に塩酸を加えると塩化鉄(II)の水溶液になる。このときの反応を化学反応式で記しなさい。

(2) 鉄(II)イオンを含む水溶液および鉄(III)イオンを含む水溶液に関して，次の①～⑤のうちから正しいものをすべて選び，記号で記しなさい。

- ① 鉄(II)イオンを含む水溶液に，チオシアン酸カリウム水溶液を加えると血赤色水溶液になる。
- ② ヘキサシアニド鉄(II)酸カリウム水溶液を加えると，いずれの水溶液も沈殿を生じる。

- ③ 鉄（単体）に濃硝酸を加えると，水素を発生して鉄(II)イオンを含む水溶液になる。
- ④ いずれの水溶液も青緑色の炎色反応を示す。
- ⑤ 酸性条件で硫化水素を通じると，いずれの水溶液も沈殿を生じる。

(3) ヘキサシアニド鉄(III)酸イオンの形として，次の①～④のうちから最も適切なものを選び，記号で記しなさい。ただし，図中の球（○）は配位子，または金属イオンを表す。



(4) 鉄に亜鉛をめっきしたものをトタンといい，鉄にスズをめっきしたものをブリキという。表面に傷がついて鉄が露出しても鉄がさびにくいのはどちらか記しなさい。また，解答した物質がさびにくい理由について句読点を含め30字以内で記しなさい。

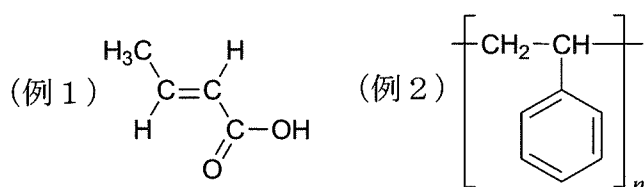
(5) ステンレス鋼はクロムを含む鋼であり，さびにくい性質を持つ。ステンレス鋼がさびにくい理由を句読点を含め30字以内で記しなさい。



## 第 5 問

次の問い（問 1，問 2）に答えなさい。必要ならば，原子量は次の値を使うこと。また，化合物の構造式は，次の例を参考にして記しなさい。

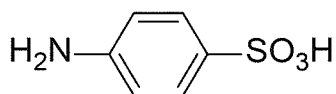
H 1.0    C 12    N 14    O 16    Na 23    S 32



問 1 次の文章を読み，下の（1）～（6）の問いに答えなさい。

pH 指示薬として用いられるアゾ化合物を次の手順で合成した。

(a) スルファニル酸 0.030 g に炭酸ナトリウム水溶液を加え，過不足なく反応させた。 (b) 得られた水溶液を氷冷し，亜硝酸ナトリウムを 0.012 g 加え，6.0 mol/L の塩酸を 0.050 mL 加えて攪拌した。 続いて，アニリンのアミノ基の水素原子がすべてメチル基で置換されたジメチルアニリンと 6.0 mol/L の塩酸が体積比 1:2 で混合された溶液を 0.15 mL 加え，攪拌しながら数分間放置した。続いて，2.0 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液を 0.25 mL 加えたところ，(c) オレンジ色のアゾ化合物の結晶が生じた。 そのオレンジ色の結晶をろ過して収量を求めたところ，0.033 g であった。



スルファニル酸

(1) 下線部(a)で起こる反応を構造式を用いた化学反応式で記しなさい。また，その際に発生する気体の名称を記しなさい。

(2) 下線部(b)で起こる反応を構造式を用いた化学反応式で記しなさい。また，この反応の名称を記しなさい。



- (3) 下線部(c)のアゾ化合物には2-ブテンと同様な立体異性体が存在する。このアゾ化合物の立体異性体を構造式ですべて記しなさい。
- (4) 下線部(c)のアゾ化合物は酸性溶液において色が変化する。この反応は、アニリンと塩酸との反応に類似している。アニリンと塩酸との反応を構造式を用いた化学反応式で記しなさい。また、アニリンが塩酸に溶解する理由を句読点を含めて30字以内で記しなさい。
- (5) 双性イオンとして存在する際のスルファニル酸の構造式を記しなさい。
- (6) 原料のスルファニル酸の物質量に対する、ろ過して得られたアゾ化合物の物質量の割合を百分率で求め、有効数字2桁で記しなさい。

問2 次の文章を読み、下の(1)～(3)の問いに答えなさい。

分子式が  $C_5H_{12}O$  である有機化合物には、構造異性体として8種類の **ア** と6種類の **イ** が存在する。**ア** は金属ナトリウムと反応して気体の **ウ** を発生するが、**イ** は反応しない。8種類の **ア** である **A** から **H** を硫酸酸性の二クロム酸カリウムの水溶液で酸化すると、**A** から **D** は (a)還元性を有する官能基 を持つ化合物に酸化され、**E** から **G** は還元性をもたない化合物へと酸化され、**H** は酸化されなかった。**E** および **F** はアルカリ性水溶液でヨウ素と反応して黄色沈殿を生じた。**E** に濃硫酸を加え、分子内脱水反応が起こると、3種類の異なるアルケンが生じた。**A** は枝分かれの無い直鎖状の化合物である。また、**C**、**E**、**F** には不斉炭素が存在する。

(1) 化合物 **A**, **C**, **E**, **F**, **H** の構造式を記しなさい。

(2) 空欄 **ア** ~ **ウ** にあてはまる適切な語句を記しなさい。

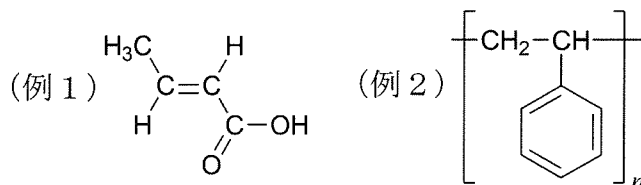
(3) 下線部 (a) の官能基の名称を記しなさい。



## 第 6 問

次の文章を読み，下の（１）～（７）の問いに答えなさい。必要ならば，原子量は次の値を使うこと。また，化合物の構造式は，次の例を参考にして記しなさい。

H 1.00    C 12.0    N 14.0    O 16.0



化合物 **A** の分子量は 179 であり，炭素原子  個，水素原子  個，窒素原子  個および酸素原子  個のみからなり，1 つの  結合を含む。(a)ある量の化合物 **A** を乾燥酸素中で完全燃焼させると，二酸化炭素 88.0 mg と水 23.4 mg が生成した。次に，1 mol の化合物 **A** を加水分解すると，1 mol の化合物 **B** と 1 mol の化合物 **C** が得られた。化合物 **B** は天然に存在するタンパク質の構成成分であり，化合物 **B** の水溶液に (b)ニヒドリン水溶液を加えて加熱すると赤紫色を呈した。化合物 **C** を酸化すると化合物 **D** が得られ，化合物 **D** をさらに酸化すると化合物 **E** が得られた。(c)トルエンを過マンガン酸カリウムの塩基性水溶液と反応させた後，反応液を酸性にすることによっても，化合物 **E** は得られる。この反応において，トルエンの代わりに *p*-キシレンを用いると，化合物 **F** が得られる。化合物 **F** がエチレングリコールと  重合すると， 結合が繰り返し形成され，化合物 **G** と  を生じる。化合物 **G** は飲料容器や衣料に用いられている。

- (1) 下線部(a)の結果をもとにして，化合物 **A** に含まれる炭素原子と水素原子の数の比を求め，最も簡単な整数比で記しなさい。計算過程も記しなさい。
- (2) 空欄 **ア** ～ **キ** にあてはまる適切な語句または数字を記しなさい。
- (3) 下線部(b)の反応によって検出できる，化合物 **B** に含まれる官能基の名称を記しなさい。
- (4) 化合物 **A** ～ **G** の構造式を記しなさい。不斉炭素原子を含む化合物については，構造式中の不斉炭素原子に\*をつけなさい。
- (5) 下線部(c)において，過マンガン酸イオンは酸化剤としてはたらく，酸化マンガン(IV)が生じた。この過マンガン酸イオンの反応を電子 $e^-$ を含むイオン反応式で記しなさい。
- (6) 化合物 **G** の物質名を略称を用いずに記しなさい。
- (7) 化合物 **G** の平均分子量が  $3.84 \times 10^4$  のとき，化合物 **G** の1分子中に含まれるベンゼン環および酸素原子の平均の個数をそれぞれ求め，有効数字3桁で記しなさい。