

令和4年度医学科入学試験問題

化 学

〔注意事項〕

- 1 監督者の指示があるまで、この冊子を開いてはいけない。
- 2 解答用紙に受験番号と氏名を必ず記入すること。
- 3 この問題冊子の本文は、13 ページからなっている。落丁、乱丁及び印刷不鮮明な箇所等があれば、手を上げて監督者に知らせること。
- 4 この問題冊子の白紙と余白は、適宜下書きに使用してもよい。
- 5 解答は、すべて別紙「解答用紙」の指定された場所に記入すること。
- 6 この問題冊子は持ち帰ること。

- 1 つぎの<文章Ⅰ>および<文章Ⅱ>を読んで、設問〔1〕～〔5〕に答えよ。なお、各元素の原子量は、 $H = 1.0$ 、 $O = 16.0$ とする。

<文章Ⅰ>

固体・液体・気体の三態間の変化のように、物質そのものは変化せず、物質の状態だけが変わる変化を物理変化(状態変化)という。物質の状態は、温度と圧力で決まる。物質が様々な温度と圧力のもとでどのような状態をとるかを示した図を状態図とよぶ。図1は水の状態図である。水は、氷(固体)・水(液体)・水蒸気(気体)の3つの状態をとっている。3つの状態は点Xを中心とした3本の曲線で分けられており、点Xを **ア** 点、曲線RXを **イ** 曲線とよぶ。また、 $374\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $2.208 \times 10^7\text{ Pa}$ (点Q)を超えると、気体とも液体とも区別がつかない状態となる。このような状態にある物質を **ウ** という。

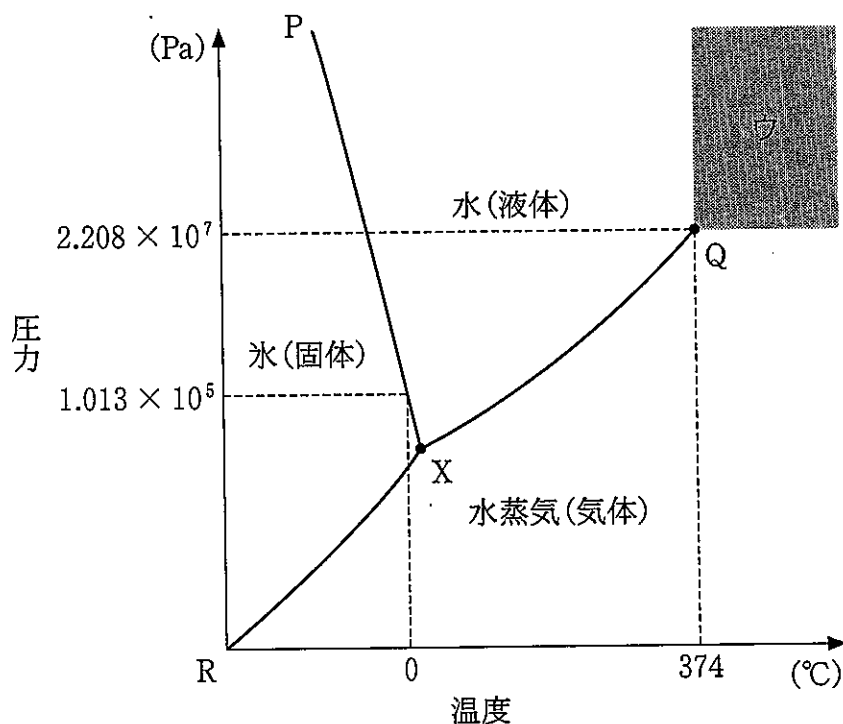


図1

<文章Ⅱ>

物質の種類が変わる変化を化学変化、あるいは化学反応という。化学反応には電子のやりとりが重要な役割を果たしているものがあり、酸化還元反応とよばれている。例えば、銀は硝酸と反応して電子を失い、硝酸銀を生じる。酸化還元反応において、⁽ⁱ⁾電子を与えて相手の物質を還元する物質を還元剤、電子を奪って相手の物質を酸化する物質を酸化剤という。酸性水溶液中で過酸化水素は、ヨウ化カリウムとの反応では酸化剤、⁽ⁱⁱ⁾過マンガン酸カリウムとの反応では還元剤としてはたらく。

設 問

〔1〕 ~ に当てはまる適切な語句を記せ。

〔2〕 図2のように、両端に重りをつけた細いひもを氷にのせると、ひもは氷をすりぬけて、氷は切断されていない状態になった。この理由を説明せよ。

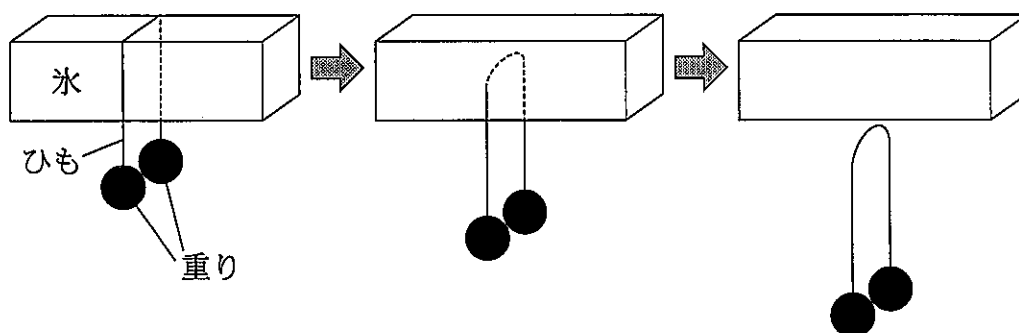


図2

〔3〕 下線部(i)の銀ならびにその化合物に関する(a)~(e)の記述のうち、誤っているのはどれか。誤っているものを2つ選べ。

- (a) 金属中で最大の展性・延性を示す。
- (b) 光の反射率が金属中で最大である。
- (c) 電気や熱の伝導性は、金属中で最大である。
- (d) ヨウ化銀は水に溶けやすいが、他のハロゲン化銀は水に溶けにくく沈殿をつくる。
- (e) 酸化銀は過剰のアンモニア水に溶けて、無色の水溶液となる。

〔4〕 気体が発生するつぎの①~④の化学反応について、下の(1)~(4)に答えよ。

- ① 炭化カルシウムに水を加える。
- ② 塩化ナトリウムに濃硫酸を加えて加熱する。
- ③ 銅に希硝酸を加える。
- ④ 酸化マンガン(IV)に濃塩酸を加えて加熱する。

- (1) 化学反応式を記せ。
- (2) 物質の酸化還元をともなう反応をすべて選び、記号で答えよ。
- (3) 発生する気体の捕集法として水上置換法が適していない反応をすべて選び、記号で答えよ。
- (4) (3)の水上置換法が適していない反応について、その理由を説明せよ。

〔5〕 下線部(ii)の過酸化水素と過マンガン酸カリウムの反応について、下の

(1)~(3)に答えよ。

(1) この反応において、水溶液を酸性にするために希硫酸を用いる。塩酸や硝酸を用いない理由を説明せよ。

(2) 化学反応式を記せ。

(3) ある濃度の過酸化水素水 10 mL に水を加えて 200 mL とした。その溶液 20 mL をとり、希硫酸で酸性とした。その後、0.10 mol/L の過マンガン酸カリウム水溶液で滴定したところ、色が消えなくなるまでに要した溶液量は 4.0 mL であった。初めの過酸化水素水の質量パーセント濃度(%)を求めよ。解答は有効数字 2 桁で示すこと。ただし、過酸化水素水の密度は 1.0 g/cm^3 とする。

- 2 つぎの文章を読んで、設問〔1〕～〔6〕に答えよ。ただし、すべての気体は理想気体としてふるまい、過飽和の現象や分解は起こらないものとする。また、気体定数 R を $8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$ とし、液体の体積や、温度変化による容器の体積変化は無視できるものとする。

<実験1>

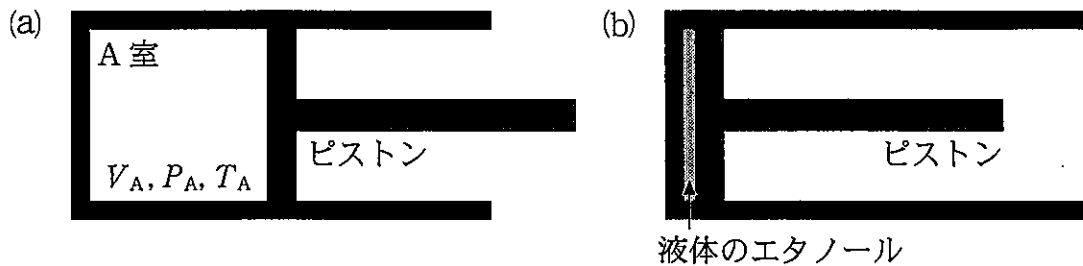


図1 容器1

図1(a)に示すように、漏れることがなく滑らかに動くピストンで仕切られたA室をもつ容器1を用いて、実験を行った。A室の体積を V_A (L)、圧力を P_A (Pa)、温度を T_A (°C) とする。A室に、 $1.0 \times 10^{-1} \text{ mol}$ のエタノールを充填した。圧力 (P_A) を $2.0 \times 10^4 \text{ Pa}$ 、温度 (T_A) を $20 \text{ }^\circ\text{C}$ にすると、図1(b)に示すようにエタノールはすべて液体として存在した。⁽ⁱ⁾ その後、圧力 (P_A) を $2.0 \times 10^4 \text{ Pa}$ に固定し、温度 (T_A) をゆっくりと上昇させると、 °C でエタノールの蒸発が始まった。

つぎに、A室のエタノールの量は $1.0 \times 10^{-1} \text{ mol}$ のままで、温度 (T_A) を $60 \text{ }^\circ\text{C}$ に固定し、圧力 (P_A) を $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ にすると、図1(b)のようにエタノールはすべて液体として存在した。その後、圧力をゆっくりと低下させると、圧力 (P_A) が Pa のとき、エタノールの蒸発が始まった。さらに、温度 (T_A) は $60 \text{ }^\circ\text{C}$ 、圧力は Pa のまま、A室の体積 (V_A) をゆっくりと増加させたところ、体積 (V_A) が L のとき、エタノールは完全に蒸発し、液体成分は消失した。

<実験 2 >

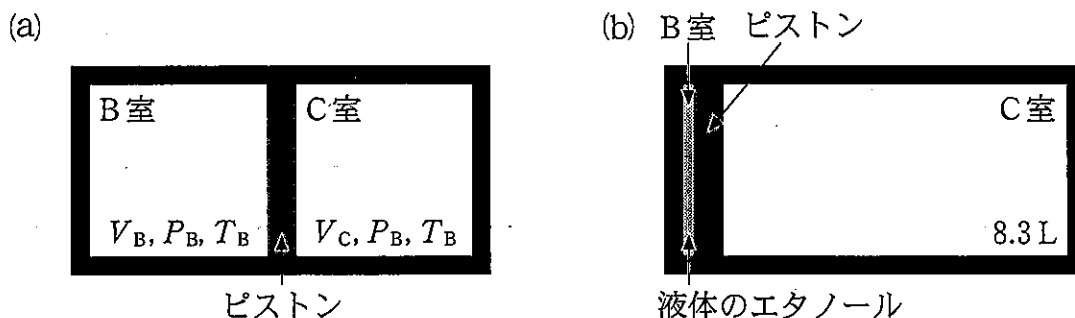


図 2 容器 2

図 2(a)に示すように、漏れることがなく滑らかに動くピストンで仕切られた B 室、C 室からなる容器 2 がある。B 室の体積 V_B (L) と、C 室の体積 V_C (L) の和は 8.3 L である。B 室と C 室の温度は等しく、それを T_B ($^{\circ}\text{C}$) とする。また、B 室と C 室の圧力も等しく、それを P_B (Pa) とする。B 室に 7.0×10^{-2} mol のエタノールを、C 室に 3.0×10^{-2} mol のアルゴンを、それぞれ充填した。ここで、B 室と C 室の温度(T_B)を 20°C としてしばらく放置したところ、図 2(b)に示すように B 室のエタノールはすべて液体として存在した。⁽ⁱⁱ⁾ また、B 室と C 室の温度(T_B)を 40°C としてしばらく放置した際の B 室の圧力(P_B)は Pa, 体積(V_B)は L であり、液体として存在するエタノールの物質量は mol であった。また、B 室と C 室の温度(T_B)を 20°C から 80°C までゆっくりと上昇させたところ、その温度 T_B が $^{\circ}\text{C}$ のとき、エタノールの蒸発が始まり、 $^{\circ}\text{C}$ のとき、完全に蒸発し、液体成分は消失した。なお、 20°C から 80°C までの温度において、アルゴンはすべて気体として存在していた。

<実験3>

実験2と同じ容器2のB室, C室の内容物をすべて取り除いたのち, B室に 3.0×10^{-2} molのエタノールを, C室に 7.0×10^{-2} molの水を, それぞれ充填した。その後, B室とC室の温度(T_B)を 20°C , 40°C , 60°C , 80°C にして, しばらく放置した際のエタノールと水の状態を観察し, さらにB室とC室の圧力(P_B)を測定した。

表1に各温度におけるエタノールと水の飽和蒸気圧を, 図3にエタノールの蒸気圧曲線を, それぞれ示す。

表1 エタノールと水の飽和蒸気圧

温度($^\circ\text{C}$)	20	40	60	80
エタノール(Pa)	5.9×10^3	1.8×10^4	4.7×10^4	1.1×10^5
水(Pa)	2.3×10^3	7.4×10^3	2.0×10^4	4.7×10^4

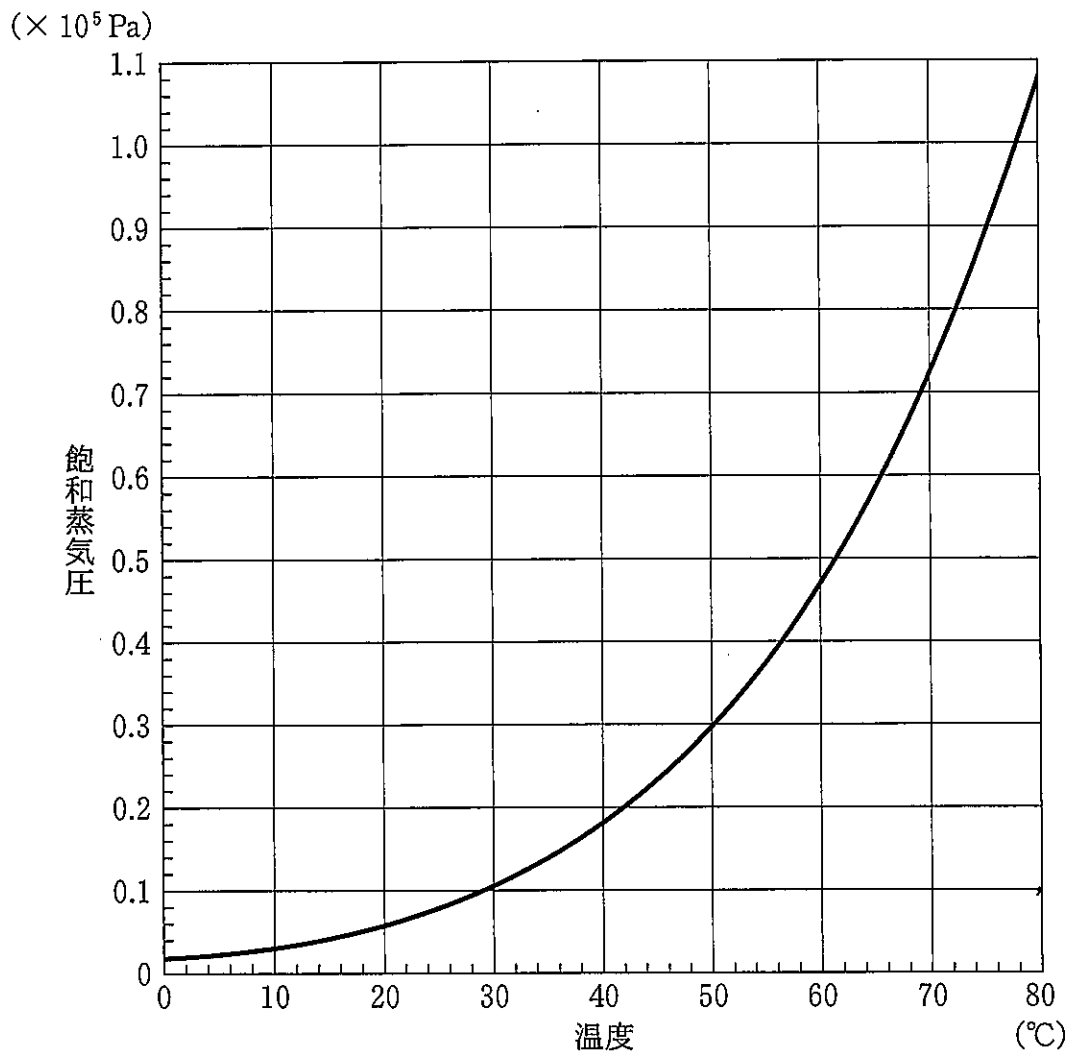


図3 エタノールの蒸気圧曲線

設問

〔1〕 ~ に当てはまる数値を求めよ。 は、図3を用いて整数で示すこと。, を求める際、各温度における飽和蒸気圧は、図3から読み取るのではなく、表1の値を参照し、有効数字2桁で示すこと。

〔2〕 下線部(i)に関して、エタノールがすべて液体として存在する理由を説明せよ。ただし、各温度における飽和蒸気圧は、図3から読み取るのではなく、表1の値を参照せよ。

〔3〕 下線部(ii)に関して、エタノールがすべて液体として存在する理由を説明せよ。ただし、各温度における飽和蒸気圧は、図3から読み取るのではなく、表1の値を参照せよ。

〔4〕 エ ~ カ に当てはまる数値を求めよ。解答は有効数字2桁で示すこと。ただし、各温度における飽和蒸気圧は、図3から読み取るのではなく、表1の値を参照せよ。

〔5〕 キ , ク がどの範囲の値をとるか、図3を参照し、つぎの(あ)~(か)から記号で選べ。解答用紙のエタノールの蒸気圧曲線を用いて、その根拠も述べよ。

- | | |
|-----------------|-----------------|
| (あ) 20℃以上 30℃未満 | (い) 30℃以上 40℃未満 |
| (う) 40℃以上 50℃未満 | (え) 50℃以上 60℃未満 |
| (お) 60℃以上 70℃未満 | (か) 70℃以上 80℃未満 |

〔6〕 実験3の下線部(iii)に関して、B室とC室の温度(T_B)が20℃、40℃、60℃、80℃のそれぞれの場合にどのような状態をとるか、B室およびC室の圧力(P_B)を表2にまとめた。表2の①~⑧に当てはまる状態を、つぎの(あ)~(う)から選べ。さらに、⑨~⑫に当てはまる圧力(P_B)を、数値として有効数字2桁で求めよ。ただし、各温度における飽和蒸気圧は、図3から読み取るのではなく、表1の値を参照せよ。

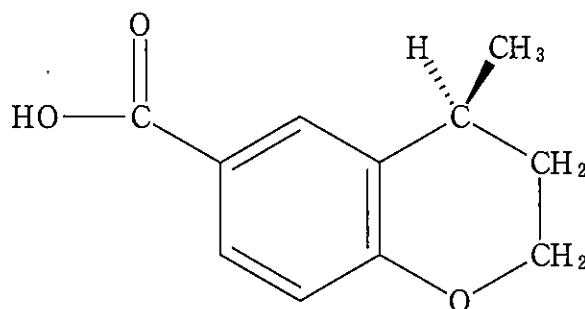
- (あ) すべて液体
 (い) 液体と気体が混在
 (う) すべて気体

表2 エタノールと水の状態と圧力

温度(℃)	20	40	60	80
エタノール	①	②	③	④
水	⑤	⑥	⑦	⑧
圧力(Pa)	⑨	⑩	⑪	⑫

- 3 つぎの〈文章Ⅰ〉および〈文章Ⅱ〉を読んで、設問〔1〕～〔6〕に答えよ。ただし、構造式をかくときは、例にならってかけ。また、各元素の原子量は、 $H = 1.0$ 、 $C = 12.0$ 、 $O = 16.0$ とする。——で示す結合は紙面の手前側に、……で示す結合は紙面の奥側に伸びていることを表す。

(構造式の例)



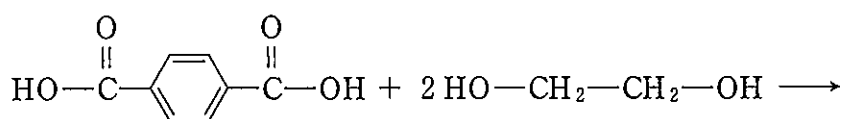
〈文章Ⅰ〉

化合物 A と化合物 B は、いずれも示性式 $HO-CHR-COOH$ (R は水素または炭化水素基) で表される。化合物 A、B をそれぞれ加熱すると、エステル化だけが進行し、化合物 A からは化合物 C が得られ、化合物 B からは化合物 D が得られる。化合物 C は 2 分子の化合物 A から生成し、化合物 D は 2 分子の化合物 B から生成する。分子量を求めたところ、化合物 C は 116、化合物 D は 144 であった。化合物 B は鏡像異性体が存在し、化合物 D はいくつかの立体異性体が存在する。

化合物 B を重合させた化合物 E は生分解性を示す。しかし、化合物 B を直接、重合しても、逆反応である加水分解反応との平衡により高分子量の化合物 E は得られない。そこで、水を ア ながら、反応することで、高分子量の化合物 E が得られる。また、化合物 D を用いて開環重合することにより、高分子量の化合物 E が得られる。単一の鏡像異性体を単量体とする化合物 E は、二つの鏡像異性体を単量体とする化合物 E に比べて、分子鎖の配列が規則正しいため、イ 部分の割合が多く、ウ。化合物 A と化合物 B からなる高分子量の共重合体 F を得るには、化合物 C と化合物 D を混合して行う開環重合が有用となる。

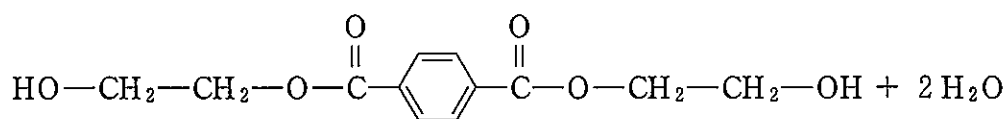
<文章Ⅱ>

テレフタル酸と2分子のエチレングリコールを反応させると化合物Gが得られる。さらに、化合物Gの縮合重合によりポリエチレンテレフタレート(PET)が得られる。この縮合重合は可逆反応であるため、PETからつくられたペットボトルなどを粉砕し、エチレングリコールを加えて反応させると、化合物Gが得られる。こうした、石油資源の有効活用方法を エ リサイクルという。

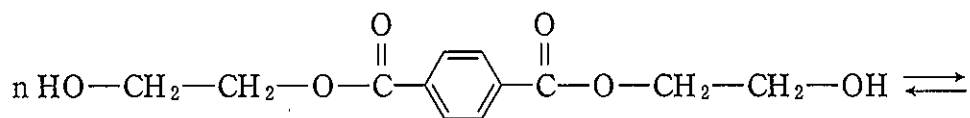


テレフタル酸

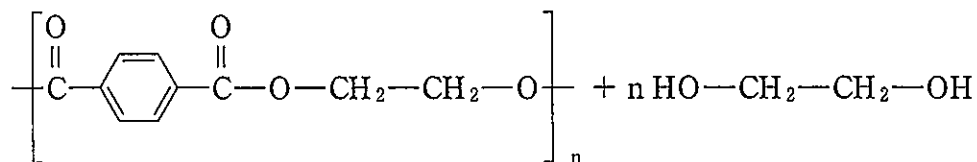
エチレングリコール



G



G



PET

設 問

〔1〕 ア ~ エ に当てはまる語句の組み合わせとして、正しいものを以下の(a)~(h)の中から選べ。

- | | | | | |
|-----|---|--------|---|---------|
| (a) | ア | — 加え | イ | — 結晶 |
| | ウ | — 硬い | エ | — ケミカル |
| (b) | ア | — 加え | イ | — 結晶 |
| | ウ | — 柔らかい | エ | — マテリアル |
| (c) | ア | — 加え | イ | — 非結晶 |
| | ウ | — 柔らかい | エ | — ケミカル |
| (d) | ア | — 加え | イ | — 非結晶 |
| | ウ | — 柔らかい | エ | — マテリアル |
| (e) | ア | — 除き | イ | — 結晶 |
| | ウ | — 硬い | エ | — ケミカル |
| (f) | ア | — 除き | イ | — 結晶 |
| | ウ | — 硬い | エ | — マテリアル |
| (g) | ア | — 除き | イ | — 非結晶 |
| | ウ | — 硬い | エ | — ケミカル |
| (h) | ア | — 除き | イ | — 非結晶 |
| | ウ | — 柔らかい | エ | — マテリアル |

〔2〕 化合物 C, D の構造式をすべてかけ。ただし、立体異性体が存在する場合はすべてかけ。

〔3〕 化合物 A の重合度を x, 化合物 B の重合度を y として重合(共重合)させた化合物 F の構造式をかけ。ただし、不斉炭素原子の立体化学は考慮しなくてよい。

〔4〕 化合物 C, D を物質量比 1 : 1 の割合で重合(共重合)させた化合物 F の平均分子量が 3.9×10^4 であった。1 分子の化合物 F には何個のエステル結合が含まれるか。解答は有効数字 2 桁で示し、計算の過程を記すこと。

〔5〕 19.2 g の PET を十分量のエチレングリコールを用いて化合物 G まで完全に分解したときの，得られる化合物 G の質量(g)を求めよ。解答は有効数字 3 桁で示し，計算の過程を記すこと。

〔6〕 エステルについて正しいものをすべて選べ。

- (a) ポリ酢酸ビニルのけん化により水溶性のポリビニルアルコールが得られる。
- (b) 酢酸エチルは果実のような芳香をもつ。
- (c) メタノールとサリチル酸に少量の濃硫酸を加えて加熱するとアセチルサリチル酸が生成する。
- (d) ホルムアルデヒドとフェノールから合成されるノボラックはエステル結合を含む。
- (e) グリセリンと硝酸からニトログリセリンが生成する。