

## 問題訂正

科目名： 前期日程 理科問題（化学）

| 《訂正箇所》 11 ページ 第1問 問2 (6) |                         |
|--------------------------|-------------------------|
| 誤                        | 反応により一酸化炭素のみが生成するとした場合, |
| 正                        | 生成する気体が一酸化炭素のみであるとした場合, |

2022 年度

## 理 科 問 題

(物理・化学・生物・地学)

|              |          |
|--------------|----------|
| 物理：2～7 ページ   | 解答用紙 4 枚 |
| 化学：8～19 ページ  | 解答用紙 4 枚 |
| 生物：20～33 ページ | 解答用紙 4 枚 |
| 地学：34～41 ページ | 解答用紙 3 枚 |

## 注 意 事 項

- 1 問題冊子は、監督者が「解答始め」の指示をするまで開かないこと。
- 2 問題冊子や解答用紙に脱落のあった場合には申し出ること。
- 3 解答用紙の各ページ所定欄に、それぞれ受験番号（最後のページは、左右2箇所）、氏名を必ず記入すること。なお、解答用紙は上部で接着してあるので、はがさず解答すること。
- 4 解答は、すべて解答用紙の所定欄に記入すること。
- 5 解答以外のことを書いたときは、該当箇所の解答を無効とすることがある。
- 6 解答用紙の裏面は計算等に使用してもよいが、採点はしない。
- 7 **現代システム科学域の受験者**は、「物理」・「化学」・「生物」・「地学」のうちから1科目を選択し、解答すること。
- 8 **理学部の受験者**は、次により解答すること。なお、第2・3志望がある場合、志望する学科についても確認すること。
  - (1) **数学科・生物学科・地球学科・生物化学科**を志望する者は「物理」・「化学」・「生物」・「地学」のうちから2科目を選択し、解答すること。
  - (2) **物理学科**を志望する者（第3志望までを含む）は、「物理」とその他に「化学」・「生物」・「地学」のうちから1科目を選択し、計2科目を解答すること。
  - (3) **化学科**を志望する者（第3志望までを含む）は、「物理」・「化学」の計2科目を解答すること。
- 9 **工学部の受験者**は、「物理」・「化学」の計2科目を解答すること。
- 10 **農学部・獣医学部・医学部医学科の受験者**は、「物理」・「化学」・「生物」のうちから2科目を選択し、解答すること。
- 11 **生活科学部食栄養学科の受験者**は、「物理」・「化学」・「生物」のうちから1科目を選択し、解答すること。
- 12 問題冊子の余白は下書きに使用してもよい。
- 13 問題冊子及び選択しなかった科目の解答用紙は持ち帰ること。

# 張 明 氏 附 記

(昭和十一年三月一日)

張明氏は、昭和十一年三月一日、  
東京府立第一高等女学校に在りて、  
卒業試験に合格し、同校に在りて、  
卒業した。

張明氏は、昭和十一年三月一日、  
東京府立第一高等女学校に在りて、  
卒業試験に合格し、同校に在りて、  
卒業した。

張明氏は、昭和十一年三月一日、  
東京府立第一高等女学校に在りて、  
卒業試験に合格し、同校に在りて、  
卒業した。

張明氏は、昭和十一年三月一日、  
東京府立第一高等女学校に在りて、  
卒業試験に合格し、同校に在りて、  
卒業した。

張明氏は、昭和十一年三月一日、  
東京府立第一高等女学校に在りて、  
卒業試験に合格し、同校に在りて、  
卒業した。

張明氏は、昭和十一年三月一日、  
東京府立第一高等女学校に在りて、  
卒業試験に合格し、同校に在りて、  
卒業した。

張明氏は、昭和十一年三月一日、  
東京府立第一高等女学校に在りて、  
卒業試験に合格し、同校に在りて、  
卒業した。

張明氏は、昭和十一年三月一日、  
東京府立第一高等女学校に在りて、  
卒業試験に合格し、同校に在りて、  
卒業した。

張明氏は、昭和十一年三月一日、  
東京府立第一高等女学校に在りて、  
卒業試験に合格し、同校に在りて、  
卒業した。

張明氏は、昭和十一年三月一日、  
東京府立第一高等女学校に在りて、  
卒業試験に合格し、同校に在りて、  
卒業した。

張明氏は、昭和十一年三月一日、  
東京府立第一高等女学校に在りて、  
卒業試験に合格し、同校に在りて、  
卒業した。

張明氏は、昭和十一年三月一日、  
東京府立第一高等女学校に在りて、  
卒業試験に合格し、同校に在りて、  
卒業した。

# 化 学

第1問～第3問において、必要であれば次の原子量を用いよ.

H = 1.0, C = 12.0, O = 16.0, S = 32.0

## 第 1 問 (34点)

次の問1と問2に答えよ.

問1 次の図は元素の周期表の一部を示している. 次の(1)と(2)の問いに答えよ.

|   | 族 1 | 2   | ... | 13  | 14  | 15  | 16  | 17  | 18  | 族 | 周期 |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|----|
| 1 | (あ) |     |     |     |     |     |     |     | (い) |   | 1  |
| 2 | (う) | (え) |     | (お) | (か) | (き) | (く) | (け) | (こ) |   | 2  |
| 3 | (さ) | (し) |     | (す) | (せ) | (そ) | (た) | (ち) | (つ) |   | 3  |
| 4 | (て) | (と) | ... |     |     |     |     |     |     |   | 4  |

(1) 次の(i)～(v)の記述に当てはまる元素をそれぞれ図中の記号(あ)～(と)から1つ選び、元素記号とともに記せ.

(i) ある元素の単体は水と激しく反応する. この反応で得られた水溶液を用いて炎色反応を観察すると赤色を呈する.

(ii) ある元素の単体には淡黄色と赤褐色の同素体があり、淡黄色の単体は空气中で自然発火する.

(iii) ある元素の単体は常温の水と容易に反応し水素を発生する. この元素の無水塩化物は乾燥剤に用いられる.

(iv) ある元素の単体は単原子分子であり、空気に 1%程度含まれている。

(v) ある元素の単体は二原子分子で常温常圧において黄緑色の気体であり、酸化剤としてはたらく。

(2) 図中の元素 (た) に関する次の文章を読み、以下の (i) ～ (v) の問いに答えよ。

元素 (た) の単体を空气中で燃焼させると ア が生成し、さらに触媒を用いて ア を空气中の酸素と反応させると イ が生成する。得られた イ を水と反応させると硫酸が得られるが、工業的には イ を濃硫酸に吸収させて ウ とし、これを希硫酸と混合して濃硫酸とする。また、ア が硫化水素と反応すると元素 (た) の単体が得られる。

(i) ア ～ ウ に当てはまる物質名を記せ。

(ii) 下線部①の反応を工業的に行うときに用いられる触媒の物質名を記せ。

(iii) 下線部②の反応の反応式を記せ。

(iv) 質量パーセント濃度 98.0% の濃硫酸 (密度 1.83 g/mL) を用いて 2.00 mol/L の希硫酸を 250 mL つくるとき、必要な濃硫酸の体積 [mL] を小数第一位まで答えよ。

(v) 硫化水素および硫酸中の (た) の原子の酸化数をそれぞれ答えよ。

問2 次の文章を読み、(1)～(6)の問いに答えよ。

金属の多くは金属元素の原子が結合してできた結晶であり、<sup>①</sup>自由電子をもつために変形しても結合が切れにくいという特徴をもつ。金や白金のような貴金属を除き、多くの金属は空気中の酸素によって酸化され、“さび”を生じることによって徐々に金属としての性質を失う。<sup>②</sup>鉄は湿った空气中で徐々に酸化され、さびを生じる。

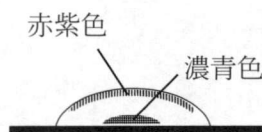
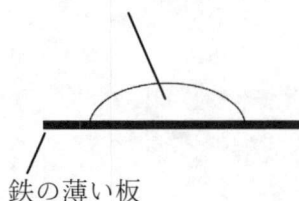
アルミニウムは鉄よりもイオン化傾向が大きい元素であるが、<sup>③</sup>空気中では鉄のように内部まで酸化されることはない。アルミニウムの原料はボーキサイトと呼ばれる鉱石で、酸化アルミニウム  $\text{Al}_2\text{O}_3$  が主成分であるが、酸化鉄(Ⅲ)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  も多く含まれている。酸化アルミニウムの精製方法として知られるバイヤー法では、ボーキサイトをいったん<sup>④</sup>濃水酸化ナトリウム水溶液に加熱して溶かし、不溶物をろ過して除く。ろ液を冷却し、沈殿した水酸化アルミニウムを加熱脱水することにより、純度の高い酸化アルミニウムが得られる。<sup>⑤</sup>酸化アルミニウムを溶融塩とし、炭素電極を用いて電気分解を行うことにより、金属アルミニウムが製造される。

(1) 下線部①に関して、たたいて面状に薄く広げられる金属の性質を何というか。

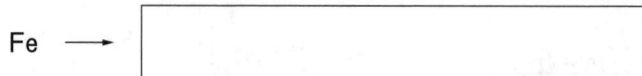
(2) 下線部②に関して、鉄がさびる様子を表した次の文章を読み、以下の問い(i)と(ii)に答えよ。

下図のように、ヘキサシアニド鉄(Ⅲ)酸カリウムをフェノールフタレイン液が少量含まれる塩化ナトリウム水溶液に溶かし、その液滴をよく磨いた鉄の薄い板の上にのせた。しばらくすると、中心部付近の底が濃青色になり、水の表面付近が赤紫色に呈色した。やがて、液滴の中から赤さびと呼ばれる鉄の酸化物が現れ、徐々にその量が増えていった。

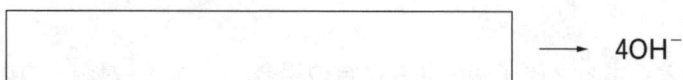
ヘキサシアニド鉄(Ⅲ)酸カリウム  
とフェノールフタレイン液を含む  
塩化ナトリウム水溶液の液滴



- (i) 濃青色になったことから、鉄の板の表面では次の反応が起こっていると考えられる。電子  $e^-$  を含むイオン反応式を完成させよ。



- (ii) 溶液が赤紫色になった部分では次の反応が起こっていると考えられる。電子  $e^-$  を含むイオン反応式を完成させよ。



- (3) 下線部③に関して、金属表面に生じた酸化物が緻密な膜を作ると、内部が酸化から保護される。このような状態を何というか。
- (4) 下線部④に関して、酸化アルミニウムが溶解する反応を化学反応式で記せ。
- (5) 下線部④で得られたアルミニウム化合物の塩基性水溶液（鉄化合物は除かれているものとする）を用いて電気分解すると、陰極ではどのような反応が起こるか。電子  $e^-$  を含むイオン反応式を記せ。
- (6) 下線部⑤に関して、酸化アルミニウムの熔融塩電解では陽極で酸化物イオンが炭素電極と反応する。反応により一酸化炭素のみが生成するとした場合、1.0 mol のアルミニウムを得るのに必要な炭素の物質質量〔mol〕を答えよ。

# 化 学

## 第 2 問 (30点)

次の問 1 と問 2 に答えよ。

問 1 次の文章を読み、(1) と (2) の問いに答えよ。必要であれば次の値を用いよ。

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

電気陰性度に差がある 2 原子間の共有結合の場合、ア 対が一方の原子に偏ることにより結合にイが生じる。たとえば二酸化炭素  $\text{CO}_2$  では、分子内の 2 つの炭素－酸素結合にはイがあるが、それらは互いに正反対の方向を向いているので打ち消しあう。また、水素  $\text{H}_2$  のように同じ原子間の共有結合にはイは生じない。

分子間にはたらく弱い引力を分子間力という。分子のイの有無によらず、すべての分子間にはたらく分子間力をウという。気体を冷却すると液体や固体になるのは、分子間力がはたらいっているためである。純物質の状態は、温度と圧力によって決まる。二酸化炭素の状態図を下に示す。二酸化炭素の固体すなわちドライアイスは、大気圧では①液体を経ずに気体になる。これは、状態図中の点Aの圧力が大気圧より高いため、大気圧程度の一定圧力のもとで温度を上げるとき、状態Bが存在できる温度範囲がないことによる。

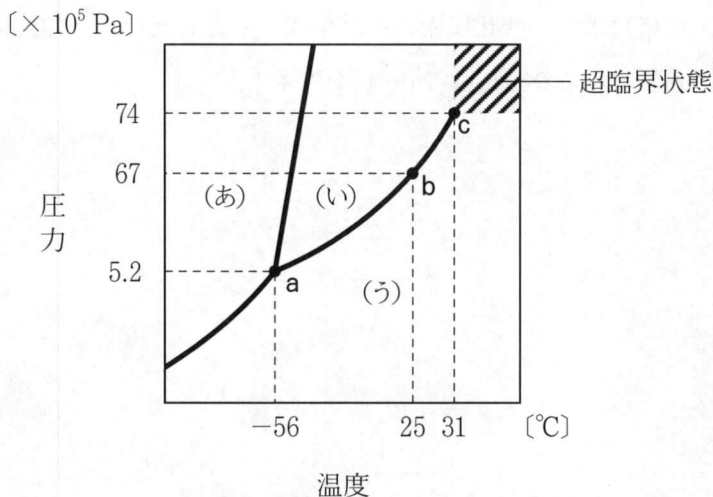


図 二酸化炭素の状態図 (状態図の特徴を強調して示してある.)

(1)  ～  にそれぞれ当てはまる最も適当な語句を記せ.

(2) 二酸化炭素の状態図に関する次の (i) ～ (v) の問いに答えよ.

(i) 図中の状態 (あ) ～ (う) はそれぞれ物質の三態のうちどれを示すか, 答えよ.

(ii) 下線部①の状態変化の名称を答えよ.

(iii)  に当てはまるものを図中の点 a ～ c から選び, 記号で答えよ. またその点の名称を答えよ.

(iv)  に当てはまるものを図中の状態 (あ) ～ (う) から選び, 記号で答えよ.

(v) 容積 8.3 L の真空容器の中にドライアイス 44 g を入れ 27 °C に保ったところ, 状態変化が起こり, その後容器内の気体の圧力は一定になった. この圧力の値 [Pa] を有効数字 2 桁で答えよ. ただし, 気体は理想気体としてふるまうものとする.

問2 次の文章を読み、(1)～(4)の問いに答えよ。気体はすべて理想気体としてふるまうものとする。

気体の水素  $\text{H}_2$  とヨウ素  $\text{I}_2$  を容積一定の容器中で混合し、ある一定の温度で放置すると、その一部が反応してヨウ化水素  $\text{HI}$  になる。この反応は発熱反応である。一方、ヨウ化水素  $\text{HI}$  のみを同様の温度にして放置すると、その一部は分解して水素  $\text{H}_2$  とヨウ素  $\text{I}_2$  になる。すなわち、



という反応は、正反応と逆反応が同時に進行する ア 反応である。平衡状態にある ア 反応では、温度などの条件を変化させると、その影響を打ち消す方向に反応が進行して新しい平衡状態に達する。これを イ の原理という。

一般に、化学反応は活性化状態を経て進み、活性化エネルギーが大きいほど反応速度は ウ なる。また、反応物の濃度が高いほど反応速度は エ なる。

(1) 文章中の ア ～ エ に当てはまる最も適当な語句を記せ。

(2) 平衡状態における水素  $\text{H}_2$ 、ヨウ素  $\text{I}_2$ 、ヨウ化水素  $\text{HI}$  のモル濃度を、それぞれ  $[\text{H}_2]$ 、 $[\text{I}_2]$ 、 $[\text{HI}]$  とすると、平衡定数  $K$  は次式で表される。

$$K = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2][\text{I}_2]}$$

容積一定の密閉容器に水素  $\text{H}_2$  2.16 mol とヨウ素  $\text{I}_2$  1.62 mol を入れて加熱し、一定温度に保ったところ、反応が平衡状態に達して水素  $\text{H}_2$  が 0.72 mol となった。この温度における平衡定数はいくらか。有効数字 2 桁で答えよ。

(3) 最初に水素  $\text{H}_2$  3.00 mol とヨウ素  $\text{I}_2$  2.25 mol を (2) の問いと同じ密閉容器に入れて、同じ温度で反応が平衡に達した。このとき生成するヨウ化水素  $\text{HI}$  の物質質量 [mol] を求めよ。有効数字 2 桁で答えよ。

(4) 図の曲線 X は、文章中の反応におけるヨウ化水素  $\text{HI}$  の生成量の時間変化を表している。温度を上げたときのヨウ化水素  $\text{HI}$  の生成量の時間変化を示す曲線はどれか、図の (a)～(d) より選び、記号で答えよ。

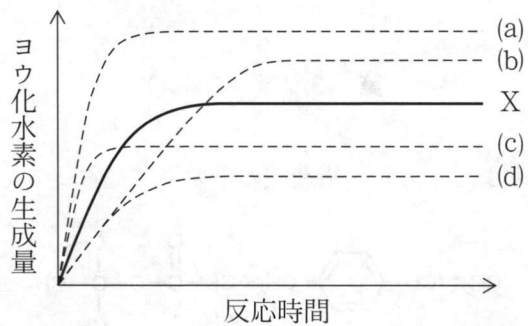
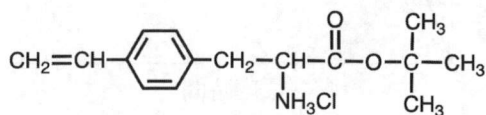


図 ヨウ化水素  $\text{HI}$  の生成量と反応時間との関係

# 化 学

## 第 3 問 (36点)

次の問 1 と問 2 に答えよ。ただし、構造式は下の例にならって記せ。



問 1 次の実験手順を読み、(1)～(6)の問いに答えよ。

### 実験手順

#### <準備する試薬と器具>

[試薬] アニリン、ジエチルエーテル、

1.0 mol/L 亜硝酸ナトリウム ( $\text{NaNO}_2$ ) 水溶液、

2.0 mol/L 塩酸 ( $\text{HCl}$ )、

6.0 mol/L 水酸化ナトリウム ( $\text{NaOH}$ ) 水溶液、

0.10 mol/L 塩化鉄 (Ⅲ) ( $\text{FeCl}_3$ ) 水溶液

[器具] 試験管 P、Q (外径 18 mm) 各 1 本、

試験管 R (外径 10 mm) 1 本、

100 mL ビーカー 2 個、2 mL 駒込<sup>こまごめ</sup>ピペット



図 1



図 2



図 3

#### <実験操作>

I 試験管 P に アニリン 0.4 mL を入れ、塩酸 ( $\text{HCl}$ ) 6 mL を加えて溶かした。

①

II ビーカーに水を入れ、操作 I の試験管 P を浸して冷やし、亜硝酸ナトリウム ( $\text{NaNO}_2$ ) 水溶液 5 mL を加え、低温 (5℃ 以下) で反応させると、化合物 A が生成した。化合物 A が入った試験管 P を低温 (5℃ 以下) に保った (図 1)。

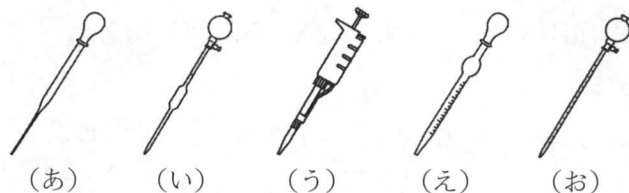
Ⅲ 操作Ⅱで得られた 化合物 **A** を含む水溶液 6 mL を別の試験管 Q に取り分け、熱湯の入ったビーカーに入れて温めると、<sup>③</sup> 気体が発生した。気体の発生が収まったら熱湯から取り出し、冷水で冷やし、化合物 **B** を得た (図 2)。

Ⅳ 操作Ⅲの試験管 Q に ジエチルエーテル 4 mL を加えてよく振り混ぜ、静置すると、<sup>④</sup> 2 層に分かれた。水層を取り除き、化合物 **B** のジエチルエーテル溶液のみを試験管 Q に残した。

Ⅴ 操作Ⅳで得られた化合物 **B** のジエチルエーテル溶液を駒込<sup>こまごめ</sup>ピペットで試験管 R に少量とり分け、<sup>⑤</sup> 塩化鉄 (Ⅲ) ( $\text{FeCl}_3$ ) 水溶液 1 mL を加えると紫色に呈色した (図 3)。

Ⅵ 操作Ⅳの <sup>⑥</sup> 試験管 Q に残した化合物 **B** のジエチルエーテル溶液に水酸化ナトリウム ( $\text{NaOH}$ ) 水溶液 3 mL を加えて振り混ぜた後、<sup>⑦</sup> 操作Ⅱの試験管 P に残った化合物 **A** の水溶液を加え、振り混ぜると、黄赤色の化合物 **C** が得られた。

- (1) 操作Ⅰ～Ⅲにある下線部①～③の反応を化学反応式で記せ。ただし、有機化合物 (化合物 **A**, **B** を含む) については、その構造がわかるように構造式を用いよ。
- (2) 操作Ⅱで化合物 **A** が入った試験管 P を低温 ( $5^\circ\text{C}$  以下) に保った理由を簡潔に記せ。
- (3) 操作Ⅳの下線部④に関して、エーテル層は上層または下層のどちらか答えよ。また、そのように判断した理由を簡潔に記せ。
- (4) 操作Ⅴで用いる駒込<sup>こまごめ</sup>ピペットを器具の特徴を示した図の (あ) ～ (お) から選び記号で答えよ。ただし、実物との大きさの比はそれぞれ異なる。



- (5) 操作Ⅴにある下線部⑤の呈色反応により検出できる物質または化合物を次の (か) ～ (さ) から一つ選び記号で答えよ。

|            |            |           |
|------------|------------|-----------|
| (か) カルボン酸  | (き) アミノ酸   | (く) アルコール |
| (け) 芳香族アミン | (こ) フェノール類 | (さ) アルデヒド |

(6) 操作VIにある下線部⑥および⑦の反応を化学反応式で記せ。ただし、有機化合物（化合物 A ～ C を含む）については、その構造がわかるように構造式を用いよ。

問2 次の文章を読み、(1)～(5)の問いに答えよ。

ジカルボン酸 A, B, C の分子式はいずれも  $C_4H_4O_4$  である。A と B は、それぞれ触媒の存在下で水素  $H_2$  と反応して同じジカルボン酸 D (分子式  $C_4H_6O_4$ ) を与えた。A を加熱すると脱水反応が進行し、化合物 E (分子式  $C_4H_2O_3$ ) が得られた。E は、金属酸化物を触媒として高温でベンゼン  $C_6H_6$  を酸化することによっても得られる。E は高温で水  $H_2O$  と反応して、不斉炭素原子を 1 個もつ化合物 F (分子式  $C_4H_6O_5$ ) を与えた。

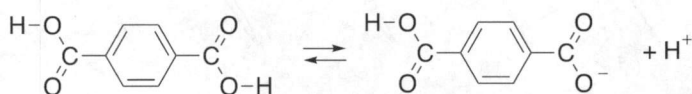
(1) 次の文章を読み、ア と イ に当てはまる最も適当な語句を記せ。

下線部①の実験結果から、A と B は ア 異性体の関係にあることがわかる。また、分子式が同じであることから、C は A および B と イ 異性体の関係にあることもわかる。

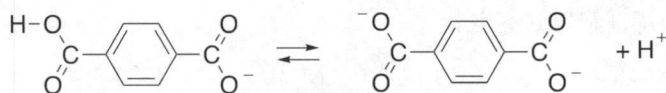
(2) 次の文章を読み、ウ ～ カ に当てはまる最も適当な語句を記せ。

下線部②の実験結果から、A では ウ 結合をつくっている 2 つの炭素原子それぞれに結合した 2 つのエ 基が近い位置にあることがわかる。一般に、カルボン酸は分子間で水素結合を形成し、液体あるいは固体状態で二量体として存在するが、A では分子間だけではなく、オ でも水素結合を形成している。

ジカルボン酸は水に溶解すると、二段階で電離する。たとえば、テレフタル酸では次のように表すことができる。



一段階目の電離定数  $K_{a1}$



二段階目の電離定数  $K_{a2}$

ジカルボン酸 **A** と **B** について、25 °C での電離定数  $K_{a1}$  と  $K_{a2}$  を下の表にまとめた。 **A** の一段階目の電離は、 **B** の一段階目の電離と比べて起こり カ ことがわかる。

|                            | A                    | B                    |
|----------------------------|----------------------|----------------------|
| 一段階目の電離定数 $K_{a1}$ [mol/L] | $1.3 \times 10^{-2}$ | $5.4 \times 10^{-4}$ |
| 二段階目の電離定数 $K_{a2}$ [mol/L] | $5.9 \times 10^{-7}$ | $3.5 \times 10^{-5}$ |

(3) 化合物 **C**, **D**, **F** の構造式を記せ。ただし、不斉炭素原子まわりの立体的な配置については省略せよ。

(4) 下線部③の反応を表す次の化学反応式について、係数  $x$ ,  $y$ ,  $z$  に当てはまる自然数を記せ。



(5) 化合物 **E** とエチレングリコールを反応させると、不飽和ポリエステル的一种であるポリマー **G** が得られた。ポリマー **G** の構造式を下の例にならって記せ。

