

令和4年度 次世代の科学技術を担う人材育成事業



高校生科学技術コンテスト  
ファーストステージ

化学

解答解説

受験番号	
氏名	
所属校名	

福岡県教育委員会

## 第1問

### 【出題のねらい】

化学における基本的な事象を題材とし、正誤問題や計算問題、記述式問題などの様々な問題を用いて、基礎知識や計算力の確認をするとともに、思考力や判断力を総合的に問う問題を出題した。

### 【解答】

問1 (1)  $2\text{CH}_4 + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO} + 4\text{H}_2\text{O}$

(2) ウ

問2 (1) ① A

② B

③ B

(2) 9 : 1

(3) 0.43

問3 (1) イ

(2)  $\frac{MP}{RT}$  [g/L]

(3) 152

(4) あ… $6.60 \times 10^{-3}$ , い…156

問4 (1) ウ

(2) あ…白, い…AgCl

う…褐, え…Ag<sub>2</sub>O

お…[Ag(NH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>]<sup>+</sup>

か…Ag, き…銀鏡

問5 (1) あ…ア, い…イ

(2) イ

(3) 2-ドデカノールは(1-ドデカノールに比べて)立体的な障害が大きいため。

### 【解説】

#### 問1

(1) メタンの不完全燃焼によって、一酸化炭素と水(水蒸気)が生じる。

(2) アルカリ金属, アルカリ土類金属など, 一部の金属元素を含む物質を炎の中に入れて高温に熱すると, 金属原子の価電子が熱エネルギーで励起され, エネルギーの高い状態(励起状態)になる。この状態は不安定であるため, 原子がもとの状態(基底状態)に戻ろうとするが, その際に特定の波長の光を発する。カルシウムイオン Ca<sup>2+</sup> の場合は橙赤色の光を発するため, 炎の色が橙赤色に色づいたように見える(炎色反応)。

#### 問2

(1) 物質の化学的性質は, 酸の強さやイオン化傾向などのような, 化学変化によって確認できる性質である。物理的性質は, 物質の組成を変えることなく確認できる性質である。

① 酸性・塩基性は他の物質との反応で確認できるので化学的性質である。

② 沸点は分子量や極性によって変わるので物理的性質である。

③ 密度は, 質量と体積によって求められるので, 物理的性質である。

(2) <sup>20</sup>Ne と <sup>22</sup>Ne の存在比を  $x : (1-x)$  とすると,

$$20.0x + 22.0(1-x) = 20.2$$

$$\therefore x = 0.90$$

よって存在比は 9 : 1

(3) 酸化によって増えた質量は O<sub>2</sub> の質量に相当するから, 反応した O<sub>2</sub> の物質量は

$$\frac{39.8 - 31.8}{32.0} = 0.250 \text{ (mol)}$$

銅粉中の <sup>63</sup>Cu の物質量が  $x$  mol, <sup>65</sup>Cu の物質量が  $y$  mol とすると,

$2\text{Cu} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{CuO}$  より

Cu の物質量は O<sub>2</sub> の 2 倍なので,

$$\begin{cases} x + y = 0.250 \times 2 \\ 63.0x + 65.0y = 31.8 \end{cases}$$

これを解くと、  
 $x=0.350 \text{ mol}$ ,  $y=0.150 \text{ mol}$  であるから、

$$\frac{0.150}{0.350} = 0.428\cdots \approx 0.43$$

よって、物質量の比は  $1 : 0.43$

### 問3

(1) ア 揮発性有機物の気体が発生する可能性があるため、換気を十分に行う。

イ ピクノメーターを直接ガスバーナーで熱すると、内容積が変化する可能性がある。

ウ 試料がすべて蒸発すると、大気中に気体が出ていくため容器内は大気圧と同じ圧力になる。

エ 室温まで冷やすと、容器内の圧力が下がるため、空気が入ってくる。

よって、適切でないものはイとなる。

(2) 理想気体の状態方程式  $PV=nRT$  より、

$$n = \frac{PV}{RT}$$

よって

$$d = \frac{Mn}{V} = \frac{M}{V} \times \frac{PV}{RT} = \frac{MP}{RT} \text{ [g/L]}$$

(3)  $97^\circ\text{C}$  に熱したとき、液体試料はすべて蒸気となって容器を満たしており、しばらく放置した後の容器内の全圧は大気圧と等しい。

また、室温まで冷やした液体試料の質量は  $30.247 - 30.000 = 0.247 \text{ g}$  であるから、分子量を  $M$  とすると、

$$\begin{aligned} 1.00 \times 10^5 \times \frac{50.0}{1000} \\ = \frac{0.247}{M} \times 8.31 \times 10^3 \times 370 \end{aligned}$$

$$\therefore M = 151.8\cdots \approx 152$$

(4) あ… $27^\circ\text{C}$  の容器には空気と試料の蒸気の混合気体が存在しており、試料の分圧は蒸気圧に等しく、 $1.20 \times 10^4 \text{ Pa}$  である。追い出された空気の分圧はこれに等しいから、追い出された空気の質量は

$$\begin{aligned} \frac{1.20 \times 10^4}{1.00 \times 10^5} \times \frac{50.0}{1000} \times 1.10 \\ = 6.60 \times 10^{-3} \text{ (g)} \end{aligned}$$

い…(3)のように液体試料の蒸気圧を無視した場合、液体試料は蒸発しないものとみなしているため、試料の質量を小さく見積もっていることになる。試料の蒸気圧を考慮すると、

$$\begin{aligned} (\text{容器の質量}) + (\text{残った空気の質量}) \\ + (\text{試料の質量}) = 30.247 \text{ (g)} \end{aligned}$$

であるから、試料の質量は

$$\begin{aligned} 30.247 - (30.000 - 6.60 \times 10^{-3}) \\ = 0.2536 \text{ (g)} \end{aligned}$$

よって、試料の分子量を  $M'$  とすると

$$\begin{aligned} 1.00 \times 10^5 \times \frac{50.0}{1000} \\ = \frac{0.2536}{M'} \times 8.31 \times 10^3 \times 370 \end{aligned}$$

$$\therefore M' = 155.9\cdots \approx 156$$

#### 問4

- (1) ア 銀の単体の融点は約 960 °C、金の単体の融点は約 1064 °Cである。  
イ 銀の展性・延性は金に次いで大きい。  
ウ 銀のイオン化傾向は金より大きい。  
エ 銀は金に比べて電気伝導が大きい。  
ア～エの文は正しいが理由として最も適切なものはウである。
- (2) 銀イオン  $\text{Ag}^+$  は塩化物イオン  $\text{Cl}^-$  と反応し、白色の塩化銀  $\text{AgCl}$  が沈殿する。この沈殿にアンモニア水を少量加えると、褐色の酸化銀  $\text{Ag}_2\text{O}$  が沈殿する。この酸化銀の沈殿に過剰量のアンモニア水を加えると、酸化銀は無色のジアンミン銀 (I) イオン  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$  を生じて溶ける。

アンモニア性硝酸銀水溶液には、ジアンミン銀 (I) イオン  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$  が含まれており、アルデヒドなどの還元性物質に出会うと還元され、銀  $\text{Ag}$  を遊離する。この反応を銀鏡反応といい、還元性物質の検出に用いられる。

#### 問5

- (1) O 原子は電気陰性度が大きいので、電子を強く引き付ける。よって、構造中に O 原子を多く含むシリカゲルの極性は大きい。一方、酢酸エチル、ヘキサンやジクロロメタンは比較的極性が小さいため、TLC における展開溶媒に用いられる。
- (2) 溶媒に溶けた溶質は、極性の大きいものから順に固定相 (シリカゲル) と水素結合する。アセトアニリドはアニリンより極性が大きいので、より低い位置にスポットが現れる。よって、アニリンをおいた点はイである。なお、本来は反応物と生成物の両方を重ねうちした点を用意して、反応の進行を調べるが、本問では省略した。
- (3) カルボン酸とアルコールを硫酸などの酸触媒存在下で加熱すると、エステルが得ら

れる (Fischer のエステル化)。この方法では溶液が酸性であることで反応の中間体が生じ、逆反応が起こり得るため、エステルの生成を安定させるためには過剰のアルコールを加えるなどして平衡を移動させる必要がある。

本実験では、カルボン酸のヒドロキシ基をハロゲン化物イオンで置換して得られるハロゲン化アシルを用いている。ハロゲン化アシルは反応性が高く、ハロゲン化アシルとアルコールとの間でもエステル化反応が起こる。この反応は、塩基触媒を加えることで溶液が徐々に中性または塩基性に保たれるため、平衡の問題が避けられ、効率的な方法であるといえる。

1-ドデカノールのような第一級アルコールと 2-ドデカノールのような第二級アルコールを比較すると、その立体的な構造に差異がある。本実験では、塩化ベンゾイルのカルボニル基の炭素原子 (反応点) をアルコールのヒドロキシ基が攻撃することで反応が進行するが、2-ドデカノールは 1-ドデカノールに比べて反応点に対する立体的な障害が大きいため、反応速度が小さくなる。

## 第2問

### 【出題のねらい】

結晶構造，希薄溶液，反応速度，化学平衡などを題材とし，実生活の事象と関連づけた問題を用いて，計算力を確認し，理論化学についての知識の理解度とともに思考力や判断力を総合的に問う問題を出題した。

### 【解答】

問1 (1) ア

(2) ① 0.52 K・kg/mol

② 0.42 mol/kg

(3) ① (関係式)  $\Pi V = nRT$

(法則名) ファントホッフ  
の法則

②  $2.4 \times 10^5$  Pa

問2 (1) 240 個

(2) 1 nm

(3) 10 g

(4) 25500 kJ/mol

問3 (1) あ…触媒

い…活性化エネルギー

(2) ウ

(3) 0.48 mol/L

(4) 3.0 倍

(5)  $5.0 \times 10^{-2}$  / 分

(6)  $-\frac{E}{R} \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$

(7)  $E$  の値が大きい方が，温度の上昇に伴う反応速度の増加量が大きく，また，温度が十分に低い場合は， $E$  の値が小さい方が反応速度が大きくなる。

### 【解説】

問1

(1) 純溶媒のときよりも，不揮発性物質を溶かしたときの溶液の方が，蒸発する水分子の数が少なくなり，蒸気圧の値は小さくな

る。これを蒸気圧低下とよぶ。

(2) ① 水 1.00 kg に NaCl を 175.5 g 溶かした NaCl 水溶液の質量モル濃度は

$$\frac{17.55}{58.5} = 0.300 \text{ (mol/kg)}$$

NaCl が水溶液中で電離して溶液中の粒子の物質量は2倍になるため，水のモル沸点上昇  $K_b$  は

$$K_b = \frac{100.31 - 100.00}{2 \times 0.300}$$

$$= 0.516$$

$$\approx 0.52 \text{ (K} \cdot \text{kg/mol)}$$

② この実験室での水の沸点は  $99.57^\circ\text{C}$  である。求める NaCl の質量モル濃度を  $m$  [mol/kg] とすると

$$m = \frac{100.00 - 99.57}{0.516 \times 2}$$

$$= 0.416 \dots$$

$$\approx 0.42 \text{ (mol/kg)}$$

(3) ①  $\Pi V = nRT$  の関係が成り立つ法則をファントホッフの法則という。

② 溶液の体積  $V$  は， $V = 2.00$  L であり，NaCl は電離するため

$$n = 2 \times \frac{5.85}{58.5} = 0.200 \text{ (mol)}$$

$$T = 273 + 17 = 290 \text{ (K)}$$

また，気体定数の値を， $\Pi V = nRT$  に代入すると

$$\Pi \times 2.00$$

$$= 0.200 \times 8.31 \times 10^3 \times 290$$

$$\therefore \Pi \approx 2.4 \times 10^5 \text{ (Pa)}$$

## 問2

- (1) 面心立方格子の単位格子中に含まれるフラーレン C<sub>60</sub> 分子の数は

$$\frac{1}{8} \times 8 + \frac{1}{2} \times 6 = 4 \text{ (個)}$$

である。

よって、求める炭素原子の数は

$$4 \times 60 = 240 \text{ (個)}$$

- (2) 面心立方格子において、立方体の各面の対角線上で分子同士が接触している。よって、求める長さは

$$\frac{1.41 \times 1.41}{2} = 0.99405 \\ \approx 1 \text{ (nm)}$$

なお、実際に測定された C<sub>60</sub> 分子の直径は 0.71 nm であり、フラーレン C<sub>60</sub> 分子の形成する分子結晶中では C<sub>60</sub> 分子は互いに接触していなかったことがわかる。

- (3) 単位格子中の空間 I と同等な空間に收容されているカリウム原子の数は 8 個であり、空間 II と同等な空間に收容されているカリウム原子の数は

$$1 + \frac{1}{4} \times 12 = 4 \text{ (個)}$$

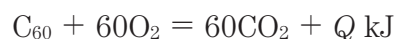
である。単位格子中に含まれるフラーレン C<sub>60</sub> 分子の数が 4 個であるから、フラーレン C<sub>60</sub> 分子 1 mol に対し、カリウム K 原子は 3 mol 存在することが分かる。よって、取り込まれたカリウムの物質量は

$$\frac{8.64}{60 \times 12} \times 3 = 0.0360 \text{ (mol)}$$

よって、求める質量は

$$8.64 + 0.0360 \times 39.1 \approx 10 \text{ (g)}$$

- (4) フラーレン C<sub>60</sub> が完全燃焼するときの熱化学方程式は次のようになる。



C<sub>60</sub> は各炭素原子がとなりあう 3 つの炭素原子と結合しており、一つの炭素間結合は 2 つの炭素原子に共有されているため、炭素原子 1 つあたりの結合の数は

$$\frac{3}{2} = 1.5$$

となる。1 mol のフラーレン C<sub>60</sub> には 60 mol 炭素原子が含まれるため、結合の総数は

$$1.5 \times 60 = 90 \text{ (mol)}$$

であるから、求める燃焼熱は

$$Q = 60 \times 2 \times 800 \\ - (450 \times 90 + 60 \times 500) \\ = 25500 \text{ (kJ/mol)}$$

### 問3

- (1) あ…ある化学反応系に、少量加えただけで反応が進みやすくなり、反応前後で自身に変化がないものを触媒とよぶ。  
い…化学反応において、触媒は活性化エネルギーを下げ、反応速度を増大させる。
- (2) 触媒を加えたときも加えていないときも、反応熱は変わらない。
- (3) 最初に存在した過酸化水素は

$$\frac{250 \times 1.00 \times \frac{2.72}{100}}{34} = 0.200 \text{ (mol)}$$

である。

反応時間 10 分において、発生した酸素は 1.00 L である。よって、発生した酸素の物質量は

$$\frac{1.00}{25.0} = 0.0400 \text{ (mol)}$$

よって、反応式の係数から、反応した過酸化水素の物質量は、0.0800 mol である。

これより未反応の過酸化水素の物質量は

$$0.200 - 0.0800 = 0.120 \text{ (mol)}$$

となる。溶液の体積は 250 mL であるから、求める濃度は、

$$0.120 \times \frac{1000}{250} = 0.480 \text{ (mol/L)}$$

- (4) 反応時間 32 分において、発生した酸素は 2.00 L である。これは

$$\frac{2.00}{25.0} = 0.0800 \text{ (mol)}$$

である。よって、反応した過酸化水素は 0.160 mol なので、未反応の過酸化水素の物質量は

$$0.200 - 0.160 = 0.0400 \text{ (mol)}$$

であり、濃度は

$$0.0400 \times \frac{1000}{250} = 0.160 \text{ (mol/L)}$$

である。

反応時間 10 分における未反応の過酸化水素濃度が反応時間 32 分の時の 3.0 倍になっているため、反応速度は 3.0 倍である。

$$(5) \log_e \frac{v_1}{v_2} = -k(t_1 - t_2) \text{ に数値を代入すると}$$

$$\log_e 3.0 = -k(10 - 32)$$

$$1.10 = 22k$$

$$\therefore k = 0.050 = 5.0 \times 10^{-2} \text{ (/分)}$$

- (6) 温度  $T_1$  と  $T_2$  における反応速度定数をそれぞれ、 $k_1$ 、 $k_2$  として代入した式をつ

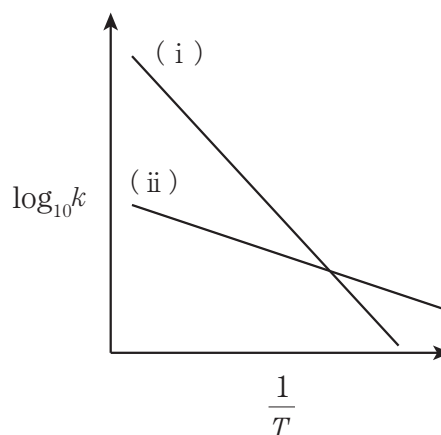
くり、 $\frac{k_2}{k_1}$  に代入すると

$$x = -\frac{E}{R} \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

を得る。

- (7) (v) 式から、 $\log_{10} k$  と  $\frac{1}{T}$  の関係をグラ

フにすると次のような関係が得られる。ただし、(i)、(ii) の  $E$  の値はそれぞれ、 $E_1$ 、 $E_2$  ( $E_1 > E_2$ ) である。 $E$  の値が大きい方が、グラフの傾きが急になるため、温度の上昇に伴う反応速度の増加量が大きくなることが読み取れる。また温度が十分に低い場合は、 $E$  の値が小さい方が反応速度が大きくなることが分かる。



### 第3問

#### 【出題のねらい】

酸化還元反応や無機化合物の工業的製法を題材とし、実生活で観察できる事象とも関連づけた問題を用いて、無機化学全般についての理解度とともに思考力や判断力を総合的に問う問題を出題した。

#### 【解答】



(2) ア

(3) イ

(4) (向き) 右向き

(理由) 標準電極電位の差をとると、  
+0.97 となり、正の値となるため。

(5) ①  $2.5 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$

② (起電力)

$$E = 1.1 + \frac{0.0591}{2} \log_{10} \frac{M_{\text{Cu}}}{M_{\text{Zn}}}$$

$$(E = 1.1 - \frac{0.0591}{2} \log_{10} \frac{M_{\text{Zn}}}{M_{\text{Cu}}})$$

(要因) 硫酸亜鉛水溶液と硫酸銅(Ⅱ)水溶液の濃度の比

問2 (1) あ…Al    い… $\text{Fe}_2\text{O}_3$

う…CO    え…CaO

(2)  $3.5 \times 10^2 \text{ kg}$

(3) 1.1 倍

(4) ① 赤色(赤紫色)

②  $1.1 \times 10^{-3} \text{ cm}$

#### 【解説】

##### 問1

(1) 水素電極の表面では、



の平衡が成立し、1つの半電池が形成される。 $\text{H}^+$ の還元反応は



である。

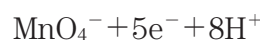
(2) 水素よりイオン化傾向のより大きな金属Mは、電子を放出する方向に反応が進みやすいため、 $\text{M} \rightleftharpoons \text{M}^{n+} + n\text{e}^-$ の平衡は、右にかたよる。よって、 $E^0$ の値は小さくなり、 $\text{H}_2$ とMでは、Mが電池の負極となる。

(3)  $E^0$ の値が大きいものほど電子を受け取りやすく、還元反応が進行しやすい。表1より、



であるため、イのほうが進行しにくい反応である。

(4)  $\text{I}_2 + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{I}^-$  は  $E^0 = +0.54 \text{ V}$



よって、 $E = +1.51 - (+0.54) = +0.97 \text{ V}$   
正の起電力が得られるため



の反応は自発的に右向きに進む。

(5) ①  $E_{\text{M}} = E_{\text{M}}^0 + \frac{0.0591}{n} \log_{10} [\text{M}^{n+}]$  より、

-1.81

$$= -1.68 + \frac{0.0591}{3} \log_{10} [\text{Al}^{3+}]$$

$$\log_{10} [\text{Al}^{3+}] = -6.598 \dots$$

$\doteq -6.6$

よって、

$$[\text{Al}^{3+}] = 10^{-6.6} = 10^{-7.0+0.4}$$

$$= (10^{0.2})^2 \times 10^{-7}$$

$$\doteq 2.5 \times 10^{-7} \text{ (mol/L)}$$

② 各電極の電位は

$$E_{\text{Zn}} = -0.76 + \frac{0.0591}{2} \log_{10} M_{\text{Zn}}$$

$$E_{\text{Cu}} = 0.34 + \frac{0.0591}{2} \log_{10} M_{\text{Cu}}$$

よって、起電力  $E$  は

$$E = 1.1 + \frac{0.0591}{2} \times (\log_{10} M_{\text{Cu}} - \log_{10} M_{\text{Zn}}) \\ = 1.1 + \frac{0.0591}{2} \log_{10} \frac{M_{\text{Cu}}}{M_{\text{Zn}}}$$

よって、 $E$  は硫酸亜鉛水溶液と硫酸銅(Ⅱ)水溶液の濃度の比によって定まる。

しかしながら、 $\frac{M_{\text{Cu}}}{M_{\text{Zn}}}$  が 100 倍になったとしても  $\frac{0.0591}{2} \log_{10} \frac{M_{\text{Cu}}}{M_{\text{Zn}}}$  の値の増加量は 0.0591 のみであり、起電力はわずかにしか変化しない。

## 問 2

- (1) あ…地殻中に含まれている金属元素は、多い順にアルミニウム、鉄、カルシウムである。

い…赤鉄鉱の主成分は  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 。

う…コークスから主に生じるのは一酸化炭素。

え…石灰石が加熱分解すると酸化カルシウムになる。

- (2) 銑鉄中に含まれる炭素の質量は、

$$1000 \times 0.04 = 40 \text{ (kg)}$$

鉄鉱石を還元するのに必要な炭素の物質質量は、 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{CO} \rightarrow 2\text{Fe} + 3\text{CO}_2$  の反応式の係数から、生成する鉄の物質質量の  $\frac{3}{2}$  倍であるので、

$$\frac{960}{56} \times \frac{3}{2} \times 12 = 308.5 \cdots \approx 309 \text{ (kg)}$$

よって、炭素の質量は、

$$40 + 309 = 349 \approx 3.5 \times 10^2 \text{ (kg)}$$

となる。

- (3) 鉄原子 1 個の球の半径を  $r$ 、鉄原子 1 個の球の質量を  $w$ 、体心立方格子の一边を  $a$ 、面心立方格子の一边を  $b$  とする。

体心立方格子について、 $r = \frac{\sqrt{3}a}{4}$  より

$$a = \frac{4\sqrt{3}r}{3} \quad \cdots \textcircled{1}$$

単位格子中の原子は 2 個だから、密度は、

$$\frac{2w}{a^3} \quad \cdots \textcircled{2}$$

面心立方格子について、 $r = \frac{\sqrt{2}b}{4}$  より

$$b = 2\sqrt{2}r \quad \cdots \textcircled{3}$$

単位格子中の原子は 4 個だから、密度は、

$$\frac{4w}{b^3} \quad \cdots \textcircled{4}$$

体心立方格子が面心立方格子に変化すると、

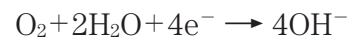
$\frac{\textcircled{4}}{\textcircled{2}}$  より密度は、

$$\frac{4w}{b^3} = \frac{2a^3}{b^3} \text{ (倍)} \quad \cdots \textcircled{5}$$

になる。⑤に①および③を代入すると、

$$\frac{2 \left( \frac{4\sqrt{3}r}{3} \right)^3}{(2\sqrt{2}r)^3} \approx 1.08 \approx 1.1 \text{ (倍)}$$

- (4) ① 液滴の周辺部では、大気中の酸素が還元され、次のような反応が起きる。



このときに、発生した  $\text{OH}^-$  により、フェノールフタレインが赤色(赤紫色)になる。

② 流れた電子の物質量は

$$\frac{1.5 \times 193}{9.65 \times 10^4} = 3.00 \times 10^{-3} \text{ (mol)}$$

$\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$  より析出した銅の  
質量は

$$3.00 \times 10^{-3} \times \frac{1}{2} \times 64 = 0.096 \text{ (g)}$$

析出した銅の体積は

$$\frac{0.096}{8.96} = 0.0107 \text{ (cm}^3\text{)}$$

よって、めっき層の厚さは

$$\frac{0.0107}{2.00 \times 5.00} \doteq 1.1 \times 10^{-3} \text{ (cm)}$$

## 第4問

### 【出題のねらい】

ザイツェフ則や高分子化合物を題材として、高校で学ぶ有機化学と大学で学ぶ有機化学の橋渡しになるような発展的な問題を用いて、思考力や判断力を総合的に問う問題を出題した。

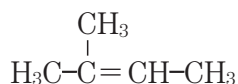
### 【解答】

問1 ア

問2 (1)  $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$

(2) 4.1 g

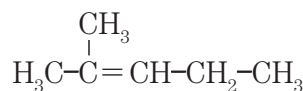
問3



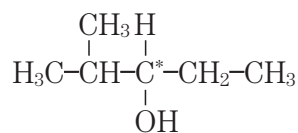
問4 (1) ソーダ石灰管を先に接続すると、水と二酸化炭素の両方を吸収してしまい、質量を別々に測定できず、元素分析ができないから。

(2)  $C_6H_{14}O$

(3)



(4)



問5 付加重合

問6  $4.50 \times 10^2$

問7 燃焼時に得られた熱をエネルギーとして利用する方法。

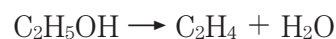
### 【解説】

問1 エタノールに濃硫酸を加えて加熱すると、加熱の温度によって生成物が変わる。

130℃～140℃では、主に分子間で脱水が起こり、ジエチルエーテルが得られる。



160℃～170℃では、主に分子内で脱水が起こり、エチレンが得られる。



問2

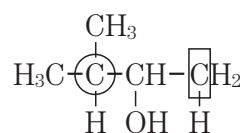
(1) この反応をアルコール発酵という。

(2) 反応式の係数比より、グルコース

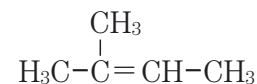
1 mol からエタノールが2 mol 得られる。グルコースの分子量が180、エタノールの分子量が46であるから

$$\frac{8.1}{180} \times 2 \times 46 = 4.14 \div 4.1 \text{ (g)}$$

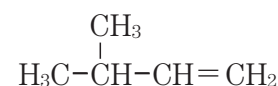
問3 ○で囲まれた炭素には水素が1個、□で囲まれた炭素には水素が3個結合しているため、ザイツェフ則より、主生成物は○で囲まれた炭素から水素が取れた解答の化合物となる。



主生成物



副生成物



問4

(1) 元素分析とは、有機化合物を燃焼して得られた二酸化炭素をソーダ石灰管に、水を塩化カルシウム管に吸収させ、それぞれの質量の変化から有機化合物中に含まれる炭素および水素の質量を求め、そこから炭素、水素、酸素の組成比を求める実験である。よって、水と二酸化炭素の質量を別々に求める必要がある。

(2) 塩化カルシウム管に水が，ソーダ石灰管に二酸化炭素が吸収される。元素分析の結果より，炭素，水素，酸素の質量はそれぞれ

$$\text{C} : 26.4 \times \frac{12}{44} = 7.2$$

$$\text{H} : 12.6 \times \frac{2}{18} = 1.4$$

$$\text{O} : 10.2 - (7.2 + 1.4) = 1.6$$

よって，各元素の物質量の比は

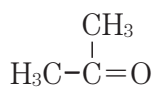
$$\begin{aligned} \text{C} : \text{H} : \text{O} &= \frac{7.2}{12} : \frac{1.4}{1} : \frac{1.6}{16} \\ &= 6 : 14 : 1 \end{aligned}$$

よって組成式は  $\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}$  なので分子式は  $(\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O})_n$  と表せる。分子量が  $100 \pm 3$  の範囲にあることから， $n=1$  であり分子量は 102 と決まる。

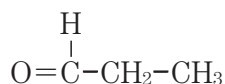
(3) A を脱水して得られるアルケン B の分子式は  $\text{C}_6\text{H}_{12}$  である。この化合物をオゾン酸化して得られる化合物  $\text{B}_1$  と  $\text{B}_2$  の質量が等しいことから， $\text{B}_1$  と  $\text{B}_2$  の分子式が等しいことがわかる。よって， $\text{B}_1$  と  $\text{B}_2$  の炭素数は 3 個ずつであり，分子式は  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$  のカルボニル化合物 ( $\text{C}=\text{O}$  構造をもつ化合物) と決まる。

ここで， $\text{B}_1$  と  $\text{B}_2$  が異なる化合物であるから，この二つはアセトンとプロピオンアルデヒドであり，オゾン酸化でこの二つが得られるアルケン B の構造式は次に示すように決定する。

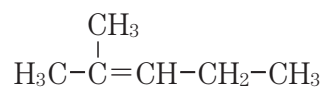
アセトン



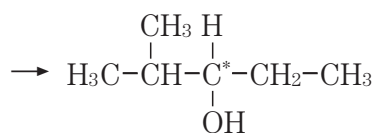
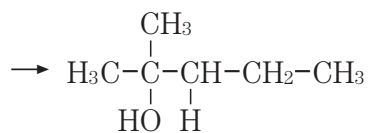
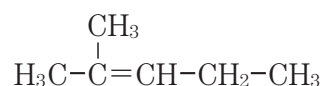
プロピオンアルデヒド



アルケン B



(4) アルコール A はアルケン B に水を付加したものであるから，A の可能性は以下のいずれかであり，A は不斉炭素原子をもつので，A の構造が決定する。



(アルコール A)

**問5** 単量体中の  $\text{C}=\text{C}$  が開裂し，単量体が付加反応を繰り返して重合する反応を付加重合という。

**問6** ポリメタクリル酸メチルの繰り返し単位の式量は 100 である。このポリメタクリル酸メチルの平均分子量は重合度を  $n$  とすると  $100n$  と表せるので

$$100n = 4.50 \times 10^4 \quad \therefore n = 4.50 \times 10^2$$

**問7** 「サーマル」とは熱や温度という意味であり，サーマルリサイクルとは燃焼時に得られる熱をエネルギーとして取り出して利用する方法を指す。

