

# 化 学 問 題

(この問題は5題からなっている)

## 受験についての注意

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはならない。
2. 解答用紙への記入には、必ず**HBの黒鉛筆**を使用しなさい。
3. 解答用紙を折り曲げたり、破いたり、汚したりしてはならない。採点が不可能になる。
4. 合図があったら、解答用紙の左上部の空欄に**受験番号**を記入しなさい。
5. 試験中にページの脱落等に気づいた場合は、手をあげて監督者に知らせなさい。解答用紙の汚れ等に気づいた場合も、同様に知らせなさい。
6. 解答は解答用紙の指定された場所に記入し、その他の部分には何も書いてはならない。裏面にも何も書いてはならない。
7. 解答にあたっては、マークすることを要求された欄をマーク例に従ってぬりつぶしなさい。  
たとえば、aにマークするときは、 $\overset{a}{\bullet} \overset{b}{\circ} \overset{c}{\circ}$ のようにマークする。
8. 一度記入したマークを消す場合には、消しゴムできれいに消さねばならない。×をつけても消したことにはならない。
9. 計算や下書きは、問題冊子の余白を利用しなさい。
10. 計算機を使用してはならない。また、携帯電話やスマートフォンなどの通信機器は、必ず電源を切って鞆の中にしまいなさい。
11. 不正行為に対しては厳正に対処する。不正行為を行った場合、その時点で化学の受験を停止とし、英語および数学の試験も受験できない。
12. 試験終了後、この問題冊子は持ち帰りなさい。

マーク例

良	不良
	 

**1** 問1～問7に答えなさい。

問1 身のまわりの事柄に関する記述 a～eのうち、化学反応が関係していないものを1つ選びなさい。

- a 塩素系漂白剤を酸性の洗剤と混ぜると、有毒な気体が発生した。
- b 炭酸水素ナトリウムとフマル酸やクエン酸などを混ぜて固めた入浴剤をお湯に溶かすと、泡が出た。
- c 高温の天ぷら油に水滴を落とすと、油が激しく飛び散った。
- d ガス漏れに気づいたときに換気扇のスイッチを入れると、爆発を起こすことがある。
- e 海苔の袋に乾燥剤として入っている酸化カルシウムを水でぬらすと、高温になった。

問2 記述 a～eのうち、正しいものを2つ選びなさい。

- a 中性子をもたない原子が存在する。
- b  $\text{Ca}^{2+}$  は Ne と同じ電子配置をとる。
- c 原子番号が同じで、質量数が異なる原子を互いに同素体という。
- d 電気陰性度は、 $\text{Si} < \text{S} < \text{O}$  の順に大きくなる。
- e イオン化エネルギーは、 $\text{F} < \text{C} < \text{Li}$  の順に大きくなる。

問3 図1は体心立方格子の金属結晶の単位格子を示している。この単位格子の頂点A, B, C, Dを含む面に存在する原子の配置を表す図として正しいものを、a～eから1つ選びなさい。ただし、●は原子の中心の位置を示す。

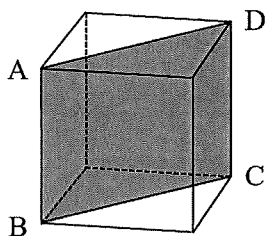
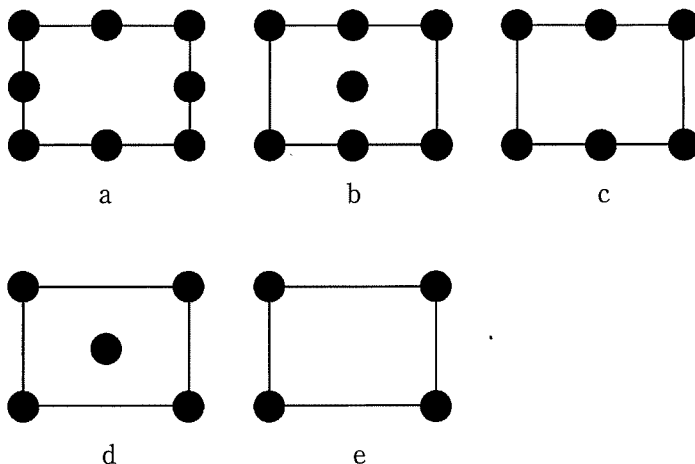


図1



問4 ケイ素、リン、硫黄に関する記述a～eのうち、誤っているものを2つ選びなさい。

- a いずれも金属元素ではない。
- b 酸化物はいずれも常温・常圧で固体である。
- c ケイ素の単体は、ダイヤモンドと同じ構造の共有結合の結晶を形成する。
- d 黄リンは、空気中では自然発火するので水中に保存する。
- e 硫黄の単体は、天然には存在しない。

問5 化合物 a～e のうち、両性酸化物を2つ選びなさい。

a  $\text{Al}_2\text{O}_3$

b  $\text{CaO}$

c  $\text{Cl}_2\text{O}_7$

d  $\text{Na}_2\text{O}$

e  $\text{ZnO}$

問6 実験操作とその操作により発生する気体の適切な捕集方法との組合せ a～e のうち、誤っているものを2つ選びなさい。

	実験操作	気体の捕集方法
a	鉄の単体に希硫酸を加える	水上置換
b	塩化ナトリウムに濃硫酸を加えて加熱する	下方置換
c	亜硫酸水素ナトリウムに希硫酸を加える	下方置換
d	銅の単体に濃硝酸を加える	水上置換
e	酸化マンガン(IV)に過酸化水素水を加える	上方置換

問7 図2はアンモニアソーダ法(ソルバー法)による炭酸ナトリウムの生成法を示している。(1)と(2)に答えなさい。

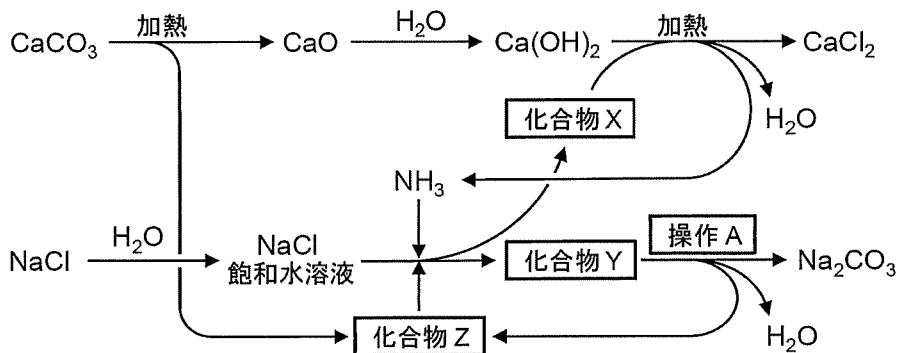


図2

(1) 化合物XとYの組合せa～hのうち、適切なものを1つ選びなさい。

	化合物X	化合物Y
a	Cl <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>
b	Cl <sub>2</sub>	NaOH
c	Cl <sub>2</sub>	NaHCO <sub>3</sub>
d	CO <sub>2</sub>	NaOH
e	CO <sub>2</sub>	NaHCO <sub>3</sub>
f	NH <sub>4</sub> Cl	CO <sub>2</sub>
g	NH <sub>4</sub> Cl	NaOH
h	NH <sub>4</sub> Cl	NaHCO <sub>3</sub>

(2) 操作Aとして最も適切なものを, a～eから1つ選びなさい。

- a 水溶液にして電気分解する。
- b 溶融塩電解を行う。
- c 加熱する。
- d 反応容器内を加圧する。
- e 水溶液にして二酸化炭素を通じる。

**2** 問1～問4に答えなさい。

問1  $1.0 \times 10^{-1}$  mol/L の酢酸水溶液の電離度が0.016のとき、酢酸の電離定数  $K_a$  [mol/L] はいくらか。最も近い数値を a～f から選びなさい。

- a  $1.6 \times 10^{-6}$       b  $2.6 \times 10^{-6}$       c  $6.3 \times 10^{-6}$   
d  $1.6 \times 10^{-5}$       e  $2.6 \times 10^{-5}$       f  $6.3 \times 10^{-5}$

問2 鉛蓄電池に関する記述 a～f のうち、正しいものを2つ選びなさい。

- a 正極活物質に鉛を、負極活物質に酸化鉛(IV)を用いる。  
b 放電すると、電極板の表面は両極とも白色の硫酸鉛(II)でおおわれてくる。  
c 放電するとき、負極では還元反応が進行する。  
d 放電により低下した起電力は、電解液に希硫酸を加えると放電前の状態に回復する。  
e 充電すると、電解液として用いている希硫酸の濃度は大きくなる。  
f 充電するとき、鉛蓄電池の正極・負極に外部直流電源の負極・正極をそれぞれ接続する。

問3 実験ⅠとⅡに関する記述を読み、(1)～(3)に答えなさい。ただし、原子量は  $H = 1.0$ 、 $O = 16$ 、 $Na = 23$ 、 $S = 32$  とする。

実験Ⅰ：濃硫酸を純水でうすめて  $5.00 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$  の希硫酸をつくった。

実験Ⅱ：濃度のわからない硫酸ナトリウム水溶液(A液)50.0 mLを、陰イオン交換樹脂を詰めた円筒に通して完全にイオン交換し、さらに樹脂を純水で十分に洗った。

こうして得られた流出液をすべて集め、 $5.00 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$  の希硫酸で中和滴定したところ、過不足なく中和するのに 30.0 mL を要した。

(1) 実験Ⅰにおける注意事項として**適当でないもの**を a～d から1つ選びなさい。

- a 保護メガネ(安全眼鏡)と白衣を着用する。
- b 濃硫酸は、換気のよい場所で扱う。
- c 濃硫酸を純水でうすめるときは、ビーカーに入れた濃硫酸に純水を注ぐ。
- d 希硫酸が手に付着したときは、直ちに大量の水で洗い流す。

(2) 下線の流出液に含まれる水酸化物イオンの物質量 [mol] はいくらか。最も近い数値を a～f から選びなさい。

- a  $1.00 \times 10^{-3}$
- b  $1.50 \times 10^{-3}$
- c  $2.00 \times 10^{-3}$
- d  $3.00 \times 10^{-3}$
- e  $6.00 \times 10^{-3}$
- f  $7.50 \times 10^{-3}$

(3) A液 50.0 mL に含まれる硫酸ナトリウムの質量 [g] はいくらか。最も近い数値を a～f から選びなさい。

- a  $5.28 \times 10^{-2}$
- b  $7.14 \times 10^{-2}$
- c  $1.07 \times 10^{-1}$
- d  $2.13 \times 10^{-1}$
- e  $3.84 \times 10^{-1}$
- f  $4.26 \times 10^{-1}$

問4 (1)と(2)に答えなさい。ただし、塩化銀の式量は143.5、25℃における塩化銀の溶解度積 $K_{sp}$ は $1.8 \times 10^{-10}$  (mol/L)<sup>2</sup>とする。また、塩化銀の沈殿や溶解による水溶液の体積変化は無視できるものとする。

(1) 25℃において $1.0 \times 10^{-2}$  mol/Lの硝酸銀水溶液10 mLに $2.8 \times 10^{-3}$  mol/Lの塩化ナトリウム水溶液10 mLを加えた。沈殿する塩化銀の質量[g]はいくらか。最も近い数値をa～fから選びなさい。

- |   |                      |   |                      |   |                      |
|---|----------------------|---|----------------------|---|----------------------|
| a | $1.0 \times 10^{-4}$ | b | $2.0 \times 10^{-4}$ | c | $4.0 \times 10^{-4}$ |
| d | $1.0 \times 10^{-3}$ | e | $2.0 \times 10^{-3}$ | f | $4.0 \times 10^{-3}$ |

(2) 25℃において $1.0 \times 10^{-2}$  mol/Lの硝酸銀水溶液100 mLに塩化銀を加えてよく混ぜたところ、溶けきれずに塩化銀が残った。この水溶液に溶解している塩化銀の質量[g]の最大値はいくらか。最も近い数値をa～fから選びなさい。

- |   |                      |   |                      |   |                      |
|---|----------------------|---|----------------------|---|----------------------|
| a | $1.9 \times 10^{-8}$ | b | $2.6 \times 10^{-8}$ | c | $1.9 \times 10^{-7}$ |
| d | $2.6 \times 10^{-7}$ | e | $1.9 \times 10^{-6}$ | f | $2.6 \times 10^{-6}$ |



(この頁は余白)

- 3 問1と問2に答えなさい。ただし、原子量はC=12, N=14, O=16, Cl=35.5, Ca=40とする。また、気体はすべて理想気体としてふるまうものとし、標準状態(0℃,  $1.013 \times 10^5$  Pa)における気体のモル体積は22.4 L/mol, 気体定数  $R = 8.31 \times 10^3$  Pa·L/(K·mol)とする。

問1 炭酸カルシウム  $\text{CaCO}_3$ , 炭化カルシウム  $\text{CaC}_2$ , 塩化カルシウム  $\text{CaCl}_2$  からなる混合物 X 7.06 g を容器に入れ、十分な量の水を加えたところ、Xに含まれる3種類の物質のうちの1つが完全に反応し、標準状態で0.896 Lの気体Aが発生した。続いて、容器に十分な量の2.00 mol/Lの塩酸を加えたところ、標準状態で0.448 Lの気体Bが発生した。(1)～(4)に答えなさい。ただし、容器内で発生した気体A, Bは水に溶けず、すべて気体として存在するものとする。

- (1) 混合物 X 7.06 g に含まれる炭化カルシウムは何 g か。最も近い数値を a～f から選びなさい。

a 1.28	b 1.92	c 2.56
d 3.00	e 4.00	f 4.44

- (2) 下線で発生した気体Aを完全燃焼させるために必要な酸素  $\text{O}_2$  は、標準状態で何 L か。最も近い数値を a～f から選びなさい。

a 0.896	b 1.34	c 1.79
d 2.24	e 2.84	f 3.45

- (3) 混合物 X 7.06 g に含まれる塩化カルシウムは何 g か。最も近い数値を a～f から選びなさい。

a 0.750	b 1.00	c 1.50
d 2.00	e 2.50	f 3.00

(4) 容器内の物質との反応で必要となった 2.00 mol/L の塩酸は何 mL か。最も近い数値を a ~ f から選びなさい。

a 10.0

b 20.0

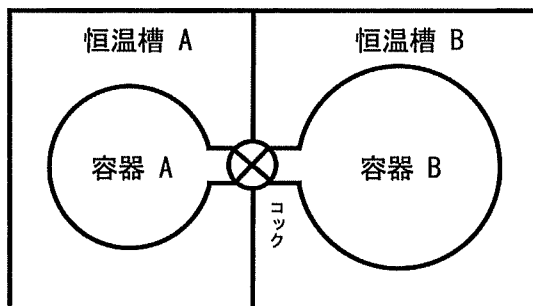
c 30.0

d 40.0

e 50.0

f 60.0

- 問2 図のように、コックによって連結された2つの真空の容器 A, B があり、それぞれ、別の恒温槽 A, B に入っている。容器 A の容積は 3.00 L、容器 B の容積は 4.50 L である。ただし、コックの部分の容積は無視できるものとする。



図

コックを閉じた状態で、容器 A に窒素  $N_2$  8.40 g、容器 B に酸素  $O_2$  6.40 g を入れ、恒温槽 A, B の温度をいずれも  $27.0^\circ\text{C}$  に保った。(1) ~ (3) に答えなさい。ただし、コックを開いて窒素と酸素を混合したとき、化学反応は起こらないものとする。

- (1) 下線部の状態の容器 B 内の圧力は何 Pa か。最も近い数値を a ~ f から選びなさい。

a  $9.70 \times 10^4$                       b  $1.11 \times 10^5$                       c  $1.33 \times 10^5$   
d  $1.66 \times 10^5$                       e  $2.08 \times 10^5$                       f  $2.49 \times 10^5$

- (2) 恒温槽 A, B の温度を  $27.0^\circ\text{C}$  に保った状態でコックを開け、容器 A および容器 B 内の気体が拡散し、互いに十分に混合するまで放置した。このとき、容器 A および容器 B 内の圧力はいずれも  $P_1$  [Pa] であった。 $P_1$  の数値として最も近いものを a ~ f から選びなさい。

a  $9.70 \times 10^4$                       b  $1.11 \times 10^5$                       c  $1.33 \times 10^5$   
d  $1.66 \times 10^5$                       e  $2.08 \times 10^5$                       f  $2.49 \times 10^5$

- (3) (2) の操作の後，恒温槽 A の温度を  $27.0\text{ }^{\circ}\text{C}$  に保ちながら，恒温槽 B の温度を上げて  $177\text{ }^{\circ}\text{C}$  に保ち，コックを開けたままの状態です十分な時間放置した。このとき，容器 A および容器 B 内の圧力はいずれも  $P_2[\text{Pa}]$  になった。 $P_2$  の数値として最も近いものを a～f から選びなさい。

- |   |                    |   |                    |   |                    |
|---|--------------------|---|--------------------|---|--------------------|
| a | $1.46 \times 10^5$ | b | $1.66 \times 10^5$ | c | $1.85 \times 10^5$ |
| d | $2.08 \times 10^5$ | e | $2.49 \times 10^5$ | f | $3.74 \times 10^5$ |

4 問1～問6に答えなさい。

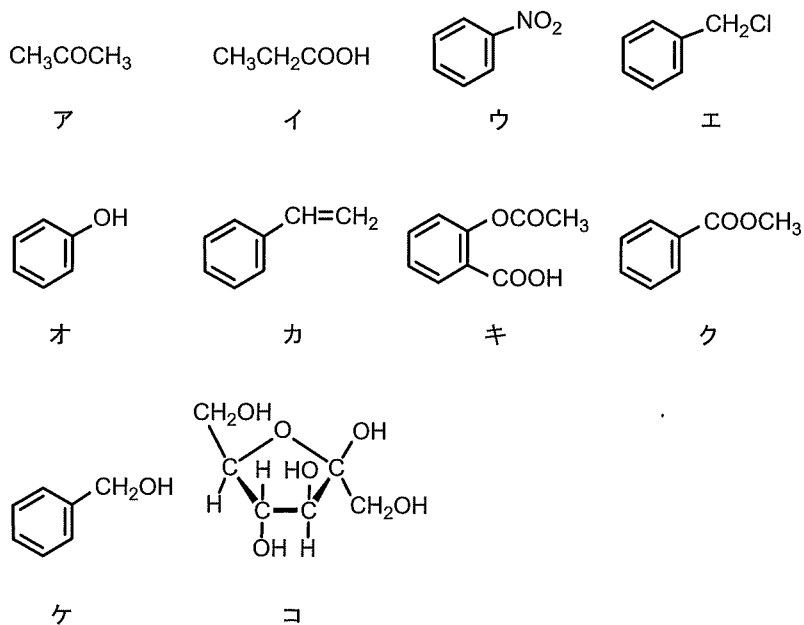
問1 分子量が50以上70未満と推定される炭化水素を完全燃焼させると、二酸化炭素 35.2 mgと水 14.4 mgを生じた。この炭化水素には、立体異性体も含めて何種類の構造が考えられるか。a～eから選びなさい。ただし、原子量は  $H=1.0$ ,  $C=12$ ,  $O=16$  とする。

a 3                      b 4                      c 5                      d 6                      e 7

問2 炭化水素に関する記述 a～eのうち、正しいものを2つ選びなさい。

- a アルカンは極性が大きいので、ベンゼンやジエチルエーテルによく溶ける。
- b アルカンは、常温では塩素と反応しないが、光を当てると反応が起こり、水素原子が塩素原子に置換される。
- c 炭素原子の数が  $n$  個のシクロアルカン 1 mol を完全燃焼すると、 $n$  mol の二酸化炭素と  $2n$  mol の水が生成する。
- d アルケンの炭素原子間の二重結合は、その二重結合を軸として両側の炭素原子が自由に回転できる。
- e ベンゼン環をもつ炭化水素は芳香族炭化水素である。

問3 有機化合物ア～コに関する(1)と(2)に答えなさい。



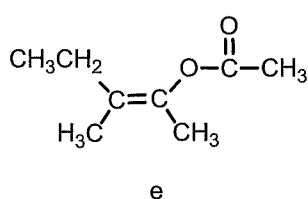
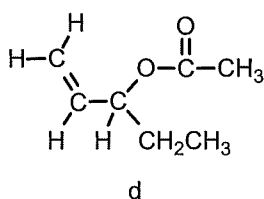
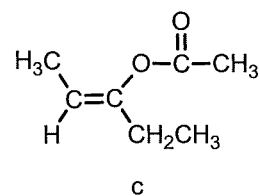
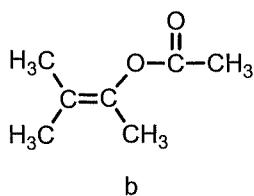
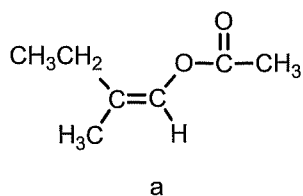
(1) 常温で水によく溶けるものはいくつあるか。a～eから選びなさい。

a 1                      b 2                      c 3                      d 4                      e 5

(2) 2種類の有機化合物とそれらを見分ける方法の組合せa～eのうち、適切でないものを2つ選びなさい。

	有機化合物	見分ける方法
a	アとイ	アンモニア性硝酸銀水溶液を加えて穏やかに加熱すると銀が析出する。
b	ウとエ	銅線の先に付着させ炎に入れると青緑色の炎色反応が見られる。
c	オとカ	臭素を加えると臭素の赤褐色が消失する。
d	キとク	希塩酸で加水分解したのち、塩化鉄(III)水溶液を加えると赤紫色に呈色する。
e	ケとコ	フェーリング液を加えて加熱すると赤色沈殿を生じる。

問4 エステル X を加水分解すると、酢酸と不斉炭素原子をもつ Y が得られた。Y はヨードホルム反応を示した。エステル X の構造式を a ~ e から1つ選びなさい。



問5 窒素原子を含む有機化合物に関する記述 a ~ e のうち、誤っているものを2つ選びなさい。

- a アニリンを希塩酸に溶かし、5℃以下で亜硝酸ナトリウム水溶液を加えると、 $-\text{N}^+\equiv\text{N}$ の構造をもつジアゾニウム塩が生じる。
- b アゾ染料には、アゾ基  $-\text{N}=\text{N}-$  が存在する。
- c タンパク質の水溶液に濃硝酸を加えて加熱すると、アミノ基  $-\text{NH}_2$  の窒素原子がニトロ化されるキサントプロテイン反応が起こり、その水溶液は橙黄色を示す。
- d 陽イオン交換樹脂は、樹脂中のベンゼン環に  $-\text{N}^+\text{R}_3$  (R はアルキル基) の構造を導入したものである。
- e  $\alpha$ -アミノ酸どうしが脱水縮合して生じるアミド結合  $-\text{CO}-\text{NH}-$  は、特にペプチド結合と呼ばれ、2つ以上のペプチド結合が存在するとビウレット反応を示す。

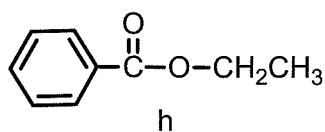
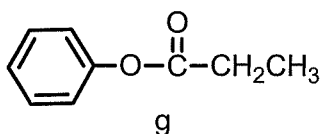
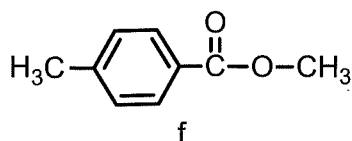
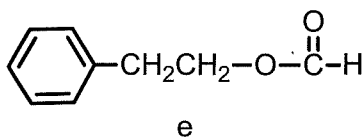
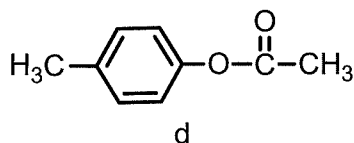
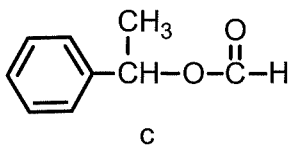
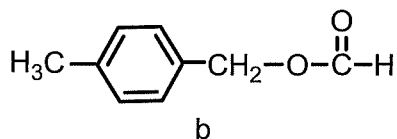
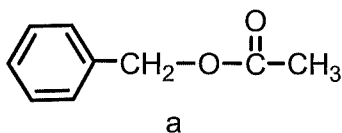


問6 分子式が  $C_9H_{10}O_2$  である芳香族化合物 A と B に関する記述を読み、(1) と (2) に答えなさい。

- (1) 芳香族化合物 A は、炭酸水素ナトリウム水溶液に溶解した。A を過マンガン酸カリウムで酸化して得られた化合物 C をエチレングリコールと縮合重合させると、ポリエチレンテレフタレートが生成した。A には何種類の構造が考えられるか。a ~ e から選びなさい。

a 1                      b 2                      c 3                      d 4                      e 5

- (2) 芳香族化合物 B に希塩酸を加えて加熱すると、加水分解されて化合物 D と E が生じた。E を二クロム酸カリウム水溶液でおだやかに酸化すると中性の化合物 F が得られた。D と F はいずれも銀鏡反応を示した。また、E は濃硫酸と加熱すると脱水反応が起こり、分子式が  $C_8H_8$  である化合物 G が得られた。B の構造式として適切なものを a ~ h から 1 つ選びなさい。



5 問1と問2に答えなさい。

問1 グルコースを構成単糖とした二糖類や多糖類のグリコシド結合に関する記述 a～eのうち、誤っているものを1つ選びなさい。ただし、グルコースは水溶液中で図1の平衡状態にある。また、C<sup>1</sup>、C<sup>2</sup>などは、構造式中において番号で示した炭素原子を表している。

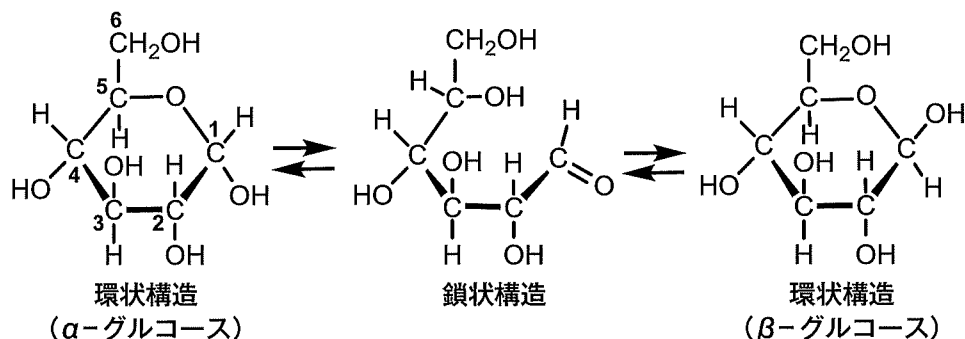
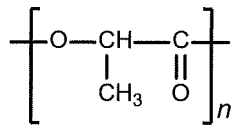


図1

- マルトースは、2分子のグルコースが、一方の分子のC<sup>1</sup>に結合したヒドロキシ基ともう一方の分子のC<sup>4</sup>に結合したヒドロキシ基との間で脱水縮合( $\alpha$ -1,4-グリコシド結合)した構造をもっている。
- セロピオースは、2分子のグルコースが、一方の分子のC<sup>1</sup>に結合したヒドロキシ基ともう一方の分子のC<sup>4</sup>に結合したヒドロキシ基との間で脱水縮合( $\beta$ -1,4-グリコシド結合)した構造をもっている。
- セルロースは、多数のグルコースが、C<sup>1</sup>に結合したヒドロキシ基とC<sup>4</sup>に結合したヒドロキシ基との間で脱水縮合( $\beta$ -1,4-グリコシド結合)してできた鎖状構造をもっている。
- アミロースは、多数のグルコースが、C<sup>1</sup>に結合したヒドロキシ基とC<sup>4</sup>に結合したヒドロキシ基との間で脱水縮合( $\alpha$ -1,4-グリコシド結合)してできた鎖状構造をもっている。
- アミロペクチンは、多数のグルコースが脱水縮合した構造をもち、C<sup>1</sup>に結合したヒドロキシ基とC<sup>4</sup>に結合したヒドロキシ基との間で脱水縮合( $\alpha$ -1,4-グリコシド結合)してできた鎖状の構造に加えて、C<sup>1</sup>に結合したヒドロキシ基とC<sup>2</sup>に結合したヒドロキシ基との間で脱水縮合( $\alpha$ -1,2-グリコシド結合)してできた枝分かれ状の構造を含んでいる。

問2 生分解性高分子の一種であるポリ乳酸7.2 g が自然界で微生物によって完全に二酸化炭素と水に分解されたとき、生成する二酸化炭素は標準状態（0℃,  $1.013 \times 10^5$  Pa）で何Lか。最も近い数値をa～eから選びなさい。ただし、ポリ乳酸は図2に示す繰り返し単位のみからなるものとする。また、標準状態における気体のモル体積は22.4 L/mol, 原子量はH=1.0, C=12, O=16とする。



ポリ乳酸

図2

- a 0.30      b 0.72      c 1.1      d 2.2      e 6.7

