

2026年度

# 「化 学」

試験時間 90 分

配点 150 点

※物理と化学から 1 科目を選択し、解答しなさい。

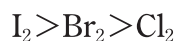
※選択解答する科目は、解答用紙にある「選択科目チェック欄」  
に☑を記入しなさい。

**【過去問題に関する追記】**

「答え」のみ記入する解答と、「選択肢」や「構造式」  
を記入する解答がある。

【1】 以下の各問いに答えよ.

- (1) 次の物質の並び順のうち, 沸点の高いものの順に並べたものとして正しいものはいくつあるか. 最も適切なものを下の①~⑥から選べ.



① 1

② 2

③ 3

④ 4

⑤ 5

⑥ 6

- (2)  $^{14}\text{C}$  は放射性同位体であり,  $\beta$  線を放出して  $^{14}\text{N}$  になる. このような放射性同位体の崩壊を  $\beta$  壊変または  $\beta$  崩壊という.  $^{90}_{38}\text{Sr}$  は  $\beta$  壊変を 1 回起こしてイットリウム Y になり, さらに  $\beta$  壊変を 1 回起こしてジルコニウム Zr になる.  $^{90}_{38}\text{Sr}$  が  $\beta$  壊変を起こして生成した Zr 原子核がもつ陽子の数と中性子の数の組み合わせ (陽子の数, 中性子の数) として最も適切なものを次の①~⑧から選べ.

① (36, 48)

② (36, 50)

③ (36, 52)

④ (38, 50)

⑤ (38, 52)

⑥ (40, 48)

⑦ (40, 50)

⑧ (40, 52)

- (3) 図1のような実験装置を用いて、塩化アンモニウムと水酸化カルシウムの混合粉末を試料としてバーナーで加熱し、アンモニアを発生させて捕集した。この実験操作に関する下の①～⑤の文のうち、誤っているものをすべて選べ。

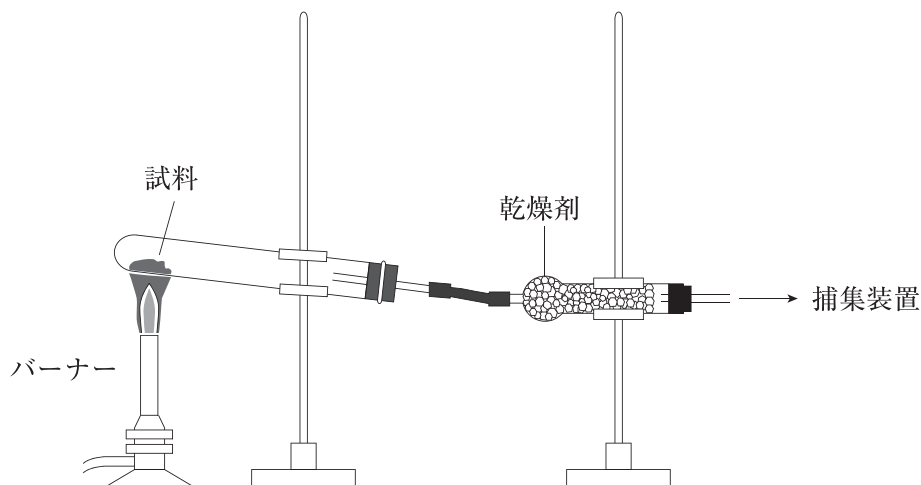


図1

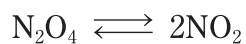
- ① 試料には硫酸アンモニウムと水酸化ナトリウムの混合粉末を用いてもよい。
- ② 試験管の口を下げるのは、発生したアンモニアが水に溶けるのを防ぐためである。
- ③ 乾燥剤には塩化カルシウムを用いる。
- ④ アンモニアは上方置換で捕集する。
- ⑤ アンモニアは有毒な気体なので、換気に注意する。

- (4) 1 mol のイオン結晶のイオン結合を切断して、気体状態のばらばらのイオンにするのに必要なエネルギーを格子エネルギーという。塩化カルシウム  $\text{CaCl}_2(\text{固})$  の格子エネルギー  $\Delta H$  [kJ/mol] を次の表に示す値を用いて表した式として最も適切なものを下の①～⑥から選べ。ただし、原子から1個の電子を取り去るのに必要なエネルギーを第1イオン化エネルギー、さらに2個目の電子を取り去るのに必要なエネルギーを第2イオン化エネルギーという。

$\text{CaCl}_2(\text{固})$ の生成エンタルピー	$Q_1$ [kJ/mol]
$\text{Ca}(\text{固})$ の昇華エンタルピー	$Q_2$ [kJ/mol]
$\text{Cl}-\text{Cl}$ 結合の結合エネルギー	$Q_3$ [kJ/mol]
$\text{Ca}(\text{気})$ の第1イオン化エネルギー	$Q_4$ [kJ/mol]
$\text{Ca}(\text{気})$ の第2イオン化エネルギー	$Q_5$ [kJ/mol]
$\text{Cl}(\text{気})$ の電子親和力	$Q_6$ [kJ/mol]

- ①  $\Delta H = -Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6$
- ②  $\Delta H = -Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 - Q_6$
- ③  $\Delta H = -Q_1 + Q_2 + \frac{Q_3}{2} + Q_4 + Q_5 + Q_6$
- ④  $\Delta H = -Q_1 + Q_2 + \frac{Q_3}{2} + Q_4 + Q_5 - Q_6$
- ⑤  $\Delta H = -Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + 2Q_6$
- ⑥  $\Delta H = -Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 - 2Q_6$

- (5) 図2のようなピストン付きのシリンダーに四酸化二窒素を封入して、ある温度と圧力に保ったところ、次のような平衡状態に達した。



この平衡状態に関する下の①～⑤の文のうち、誤っているものをすべて選べ。ただし、四酸化二窒素から二酸化窒素が生成する反応は吸熱反応である。

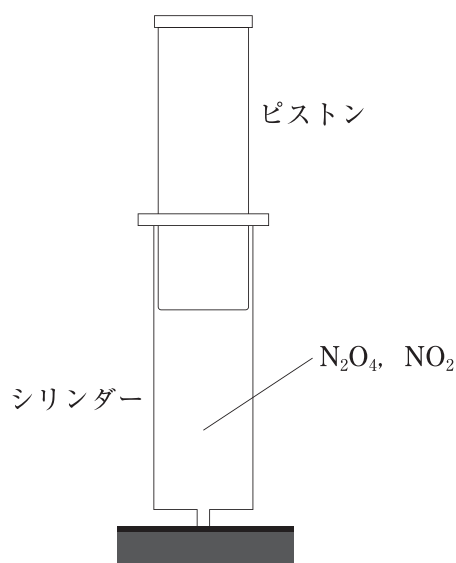
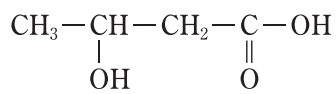


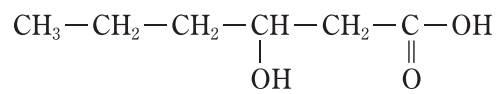
図2

- ① 濃度平衡定数  $K_c$  と圧平衡定数  $K_p$  の関係は  $K_c = K_p$  である。
- ② 圧力を一定に保って容器内の温度を高くすると、圧平衡定数  $K_p$  が大きくなる。
- ③ 圧力を一定に保って容器内の温度を低くすると、ピストンが下がり、混合気体の体積が小さくなる。
- ④ 温度を一定に保ってピストンを引き上げると、平衡が左向きに移動する。
- ⑤ 温度を一定に保ってピストンを押し込んだ直後、シリンダー内の色が濃くなり、その後は薄くなる。

- (6) 多くの高分子化合物は自然界では分解されないが、海水中で分解される生分解性高分子が存在する。この1つに、次に示した3-ヒドロキシ酪酸と3-ヒドロキシカプロン酸の共重合体がある。3-ヒドロキシ酪酸と3-ヒドロキシカプロン酸を物質比で4:1で共重合した共重合体100g中に含まれるエステル結合の数として最も適切な数値を下の①~⑥から選べ。ただし、アボガドロ定数は $N_A = 6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$ 、原子量は $H = 1.0$ 、 $C = 12.0$ 、 $O = 16.0$ とし、末端の構造は無視するものとする。



3-ヒドロキシ酪酸



3-ヒドロキシカプロン酸

- |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| ① $1.3 \times 10^{23}$ 個 | ② $2.6 \times 10^{23}$ 個 | ③ $5.2 \times 10^{23}$ 個 |
| ④ $6.0 \times 10^{23}$ 個 | ⑤ $6.6 \times 10^{23}$ 個 | ⑥ $1.5 \times 10^{24}$ 個 |

【2】 2025年、アメリカのトランプ大統領はアルミニウムと鉄鋼に課せられる関税を引き上げるとを公表した。これにより、アメリカ国内での金属材料の価格の高騰や世界経済への影響が懸念されている。アルミニウムは軽くてやわらかい金属であり、飲料用のアルミニウム缶や窓枠、のようなアルミニウム合金として飛行機の機体などに広く利用されている。アルミニウム製品は、その表面を人工的に酸化させて酸化アルミニウムの被膜をつくってさびにくくしており、この製品をという。アルミニウムの主な原料となる鉱石はといい、主成分は $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ などと表される。それを精製するととよばれる純粋な酸化アルミニウムが得られる。氷晶石を約 $1000^\circ\text{C}$ に加熱して融解したものにを溶かし、炭素電極を用いてこれを電気分解すると、融解状態のアルミニウムの単体が得られる。このような電気分解を用いたアルミニウムの製法をホール・エルー法という。以下の各問いに答えよ。

- (1) 空欄～にあてはまる最も適切な語句を記せ。
- (2) 両性酸化物である<sup>(a)</sup>酸化アルミニウムは水酸化ナトリウム水溶液に溶解する。また、<sup>(b)</sup>その溶液に少量の塩酸を加えると、白色沈殿が得られる。この反応は、からを精製する際などに利用されている。下線部(a)、(b)の化学反応式をそれぞれ記せ。
- (3) ホール・エルー法では、陰極でアルミニウムの単体が生成し、陽極では炭素電極を消費して一酸化炭素と二酸化炭素が発生する。炭素電極が $6.00\text{ kg}$ 消費されたとき、アルミニウムの単体が $10.8\text{ kg}$ 得られた。このとき、発生した一酸化炭素と二酸化炭素の質量はそれぞれ何 $\text{ kg}$ か。有効数字3桁でそれぞれ記せ。ただし、原子量は $\text{C}=12.0$ 、 $\text{O}=16.0$ 、 $\text{Al}=27.0$ とし、陰極ではアルミニウムの析出、陽極では一酸化炭素と二酸化炭素の発生しか起こらず、流れた電気量はすべて電気分解に用いられたものとする。

(4) アルミニウムの単体の粉末を金属酸化物と混ぜて点火すると、多量の熱や光を発生しながら金属酸化物が還元され、金属の単体が遊離する。たとえば、アルミニウムの単体と酸化鉄（Ⅲ）を混ぜて点火すると、単体の鉄が得られる。

(a) 下線部の反応の化学反応式を記せ。

(b) この反応によって単体の鉄 1 mol が得られるときの反応エンタルピーは何 kJ か。整数で記せ。ただし、物質はすべて固体であり、酸化鉄（Ⅲ）の生成エンタルピーは  $-824 \text{ kJ/mol}$ 、酸化アルミニウムの生成エンタルピーは  $-1676 \text{ kJ/mol}$  とする。また、下線部の反応のみが完全に進行し、それ以外の反応は起こらないものとする。

(5) 氷晶石の組成式は  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$  であり、ナトリウムイオン  $\text{Na}^+$  と錯イオン  $[\text{AlF}_6]^{3-}$  がイオン結合していると考えることができる。また  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$  の結晶構造の一つは図 1 のような立方体で示され、 $[\text{AlF}_6]^{3-}$  がつくる隙間に  $\text{Na}^+$  は位置しており、単体格子の中心と各辺の中央、そして立方体を 8 分割した小立方体の中心に位置する。この単体格子中に含まれる Na 原子と F 原子の数を記せ。

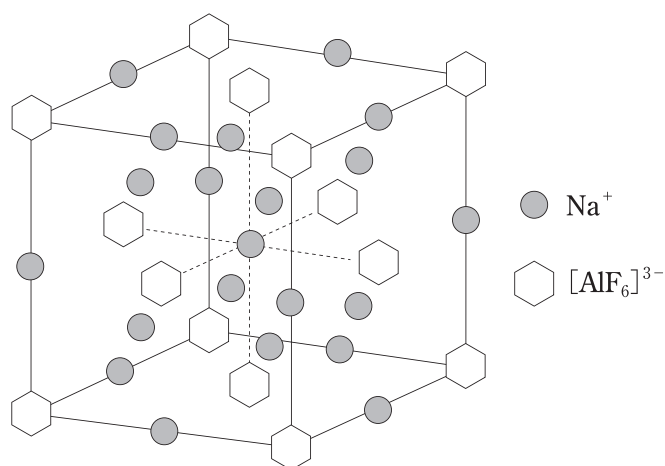


図 1

- (6) 酸化アルミニウム  $\text{Al}_2\text{O}_3$  の結晶構造の1つは、図2のように示される。酸化物イオン  $\text{O}^{2-}$  が六方最密構造をとり、アルミニウムイオン  $\text{Al}^{3+}$  は6個の  $\text{O}^{2-}$  がつくる  $\square X$  の中心にある隙間のうち、3分の2に入る。なお、図2の黒点は3個の  $\text{O}^{2-}$  がつくる三角形の重心を表す。

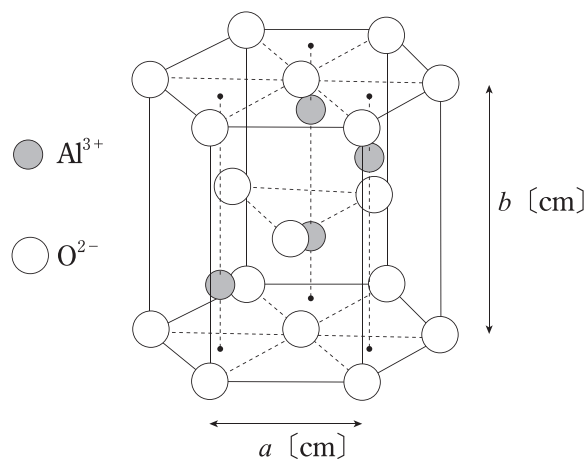


図2

- (a) 空欄  $\square X$  にあてはまる最も適切な語句を次の①～⑥から選べ。

- |        |       |        |
|--------|-------|--------|
| ① 正三角形 | ② 正方形 | ③ 正四面体 |
| ④ 正六角形 | ⑤ 三角柱 | ⑥ 正八面体 |

- (b) この  $\text{Al}_2\text{O}_3$  の結晶の密度は何  $\text{g}/\text{cm}^3$  か。  $a$  [cm],  $b$  [cm],  $\text{Al}_2\text{O}_3$  の式量  $M$ , アボガドロ定数  $N_A$  [/mol] を用いた式で示せ。

【3】 海水にはさまざまな塩や有機物が溶解している。海水中に溶解しているイオンには  $\text{Na}^+$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{HCO}_3^-$  などがあり、平均の塩分濃度は質量パーセント濃度で 3.5% である。以下の各問いに答えよ。

- (1) 河川水に含まれる粘土のコロイド粒子は負に帯電しており、汽水域で海水に含まれるイオンによって凝析が起こり、三角州の形成が促進されている。河川水に含まれる粘土のコロイドを最も少ない物質量で凝析させる塩として最も適切なものを次の①～⑥から選べ。

- ①  $\text{NaCl}$                       ②  $\text{CaCl}_2$                       ③  $\text{KNO}_3$   
④  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$                   ⑤  $\text{MgSO}_4$                       ⑥  $\text{Na}_3\text{PO}_4$

- (2) 海水中の  $\text{HCO}_3^-$  や  $\text{CO}_3^{2-}$  は、空気中の二酸化炭素が水に溶解することで生じたものである。20℃、 $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$  において空気に接している水 1000 L に溶解している二酸化炭素の体積は 20℃、 $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$  において何 L か。有効数字 2 桁で記せ。ただし、二酸化炭素は空気中に体積比で 0.035 % 含まれ、二酸化炭素は 20℃、 $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$  において水 1.0 L に 0℃、 $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$  のときの体積に換算して 0.87 L 溶解するものとする。また、二酸化炭素にはヘンリーの法則が成立し、気体定数は  $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$  とする。なお、二酸化炭素が溶解することにより生じる炭酸分子や炭酸水素イオンの影響は無視できるものとする。

(3) 海水のモデルとして、質量パーセント濃度 3.5% の塩化ナトリウム水溶液を考える。ただし、原子量は  $\text{Na}=23.0$ ,  $\text{Cl}=35.5$  とし、 $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$  における水の沸点は  $100.00 \text{ }^\circ\text{C}$ 、水のモル沸点上昇は  $K_b=0.52 \text{ K} \cdot \text{kg/mol}$ 、電解質は水溶液中で完全に電離するものとする。

(a) この塩化ナトリウム水溶液の質量モル濃度は何  $\text{mol/kg}$  か。有効数字 2 桁で記せ。

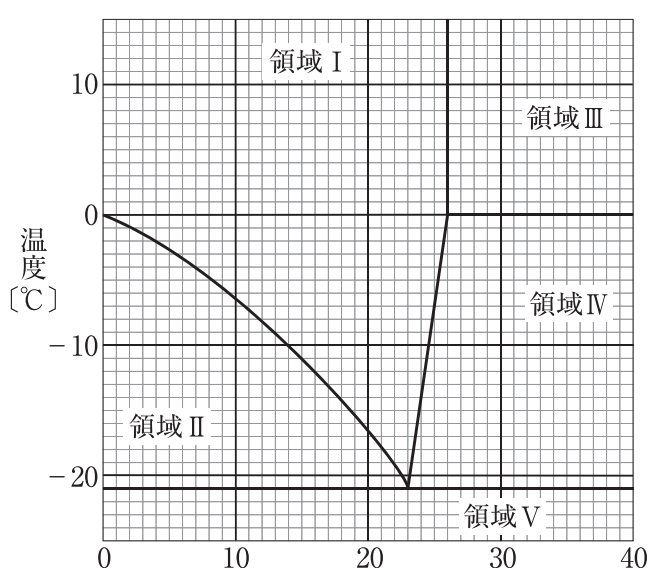
(b) この水溶液の  $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$  における沸点は何  $^\circ\text{C}$  か。小数第 2 位まで記せ。

(4) (3) の塩化ナトリウム水溶液を希釈して、 $27 \text{ }^\circ\text{C}$  において、 $3.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  の浸透圧を示す塩化ナトリウム水溶液を調製した。ただし、気体定数は  $R=8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$  とし、電解質は水溶液中で完全に電離するものとする。

(a)  $27 \text{ }^\circ\text{C}$  において、この塩化ナトリウム水溶液と同じ  $3.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  の浸透圧を示す塩化カルシウム水溶液のモル濃度は何  $\text{mol/L}$  か。有効数字 2 桁で記せ。

(b) ある非電解質  $3.6 \text{ g}$  を水に完全に溶解し、 $27 \text{ }^\circ\text{C}$  において(a)と同じ  $3.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  の浸透圧を示す水溶液  $500 \text{ mL}$  を調製した。この非電解質のモル質量は何  $\text{g/mol}$  か。有効数字 2 桁で記せ。

- (5) 図1は、大気圧下の塩化ナトリウムと水の2成分の状態図である。0℃より高温のとき、塩化ナトリウム水溶液の質量パーセント濃度は0～26%の範囲をとる。0℃より高温で質量パーセント濃度26%を超えるような質量で水と塩化ナトリウムを混合すると、塩化ナトリウムの固体が析出し、塩化ナトリウムの飽和水溶液ができる(領域Ⅲ)。一方、0℃以下で飽和に達した場合は、氷が析出する場合(領域Ⅱ)や、塩化ナトリウムの固体ではなく、塩化ナトリウム二水和物の固体が析出する場合(領域Ⅳ)などがある。



- 領域Ⅰ：  
NaCl 水溶液
- 領域Ⅱ：  
氷 + NaCl 水溶液
- 領域Ⅲ：  
NaCl(固) + NaCl 飽和水溶液
- 領域Ⅳ：  
NaCl · 2H<sub>2</sub>O(固) + NaCl 飽和水溶液
- 領域Ⅴ：  
氷 + NaCl · 2H<sub>2</sub>O(固)

混合物中の塩化ナトリウムの割合(質量パーセント) [%]

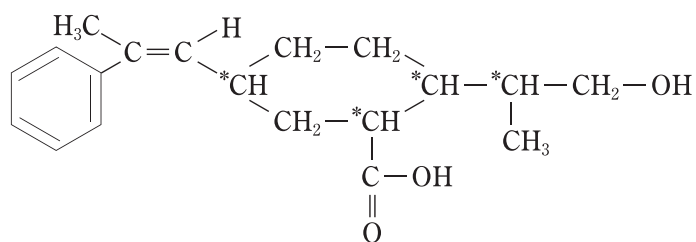
図1

この状態図を用いると、塩化ナトリウム水溶液を冷却したときの状態の変化がわかる。たとえば、質量パーセント濃度23%以下の未飽和の塩化ナトリウム水溶液を冷却していくと、領域Ⅰと領域Ⅱを境する曲線にぶつかったところで飽和に達し、水溶液から純粋な氷が析出し始める。さらに冷却していくと、領域Ⅰと領域Ⅱを境する曲線に沿って、塩化ナトリウム水溶液の温度が低下する。その結果、領域Ⅰと領域Ⅱを境する曲線上の質量パーセント濃度の値をとる飽和水溶液となる。以下の各問いに答えよ。

- (a) 10℃で質量パーセント濃度7%の塩化ナトリウム水溶液 100 g を冷却していったとき、氷が析出し始める温度は何℃か。整数で記せ。
- (b) 10℃で質量パーセント濃度7%の塩化ナトリウム水溶液 100 g を -10℃まで冷却したとき、氷のみが析出した。析出した氷の質量は何 g か。整数で記せ。
- (c) 10℃で塩化ナトリウム 80 g に水 120 g を加えて得られた混合物を -7℃に冷却して温度を保ったとき、析出する固体の質量は何 g か。整数で記せ。ただし、原子量は  $H=1.0$ ,  $O=16.0$ ,  $Na=23.0$ ,  $Cl=35.5$  とする。

【4】 分子量 300 以下の化合物 **A** を元素分析したところ、質量百分率で炭素 68.4%、水素 11.4%、酸素 20.2% であった。化合物 **A** には不斉炭素原子が 2 個存在した。化合物 **A** を加水分解したところ、酸性を示す化合物 **B** と 2-ブタノール **C** が得られた。得られた 2-ブタノール **C** には不斉炭素原子が存在し、鏡像異性体の等量混合物として得られた。なお、鏡像異性体の等量混合物をラセミ体という。したがって、酢酸とラセミ体の 2-ブタノール **C** の混合物に濃硫酸を加えて加熱したときに得られるエステルにも、1 組の鏡像異性体が存在する。また、2-ブタノール **C** に水酸化ナトリウム水溶液とヨウ素を加えて加熱すると、特異臭をもつ化合物 **D** と酸性を示す化合物 **E** のナトリウム塩が生成した。以下の各問いに答えよ。ただし、原子量は  $H=1.0$ 、 $C=12.0$ 、 $O=16.0$  とし、構造式や不斉炭素原子 (\*C) の表示は、次の例にしたがって記せ。

例)



- (1) 化合物 **A** の分子式を記せ.
- (2) 化合物 **B** の構造式を記せ.
- (3) 化合物 **D** の構造を原子間の結合を省略せずに記せ.
- (4) 化合物 **E** の構造式を記せ.

- (5) 2-ブタノール **C** は分子式  $C_4H_{10}O$  で表される。分子式  $C_4H_{10}O$  で表される化合物には、2-ブタノール **C** を含めて異性体がいくつ存在するか。整数で記せ。ただし、立体異性体を区別するものとする。
- (6) 分子式  $C_4H_{10}O$  で表される化合物のうち、硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液によって酸化される異性体はいくつ存在するか。整数で記せ。ただし、立体異性体を区別するものとする。
- (7) 2-ブタノール **C** に濃硫酸を加えて加熱すると、分子内あるいは分子間で脱水反応が進行する。
- (a) ラセミ体の2-ブタノール **C** の分子内脱水により生成するアルケンの構造式をすべて記せ。ただし、立体異性体を区別するものとする。
- (b) ラセミ体の2-ブタノール **C** の分子間脱水により生成するエーテルは何種類か。整数で記せ。ただし、立体異性体を区別するものとする。
- (8) カルボン酸とアルコールの混合物に少量の濃硫酸を加えて加熱すると、濃硫酸が触媒としてはたらき、エステルと水が生じる。カルボン酸に含まれる酸素原子を  $^{18}O$ 、アルコールに含まれる酸素原子を  $^{16}O$  としてエステルを生成する実験を行った。このとき、生成する水の相対質量はいくらか。整数で記せ。ただし、Hの相対質量は1、 $^{16}O$ の相対質量は16、 $^{18}O$ の相対質量は18とする。

