

# 化 学

| 学 部  | 学 科(クラス)                                                               | 配 点   |
|------|------------------------------------------------------------------------|-------|
| 理工学部 | 理工学科(化学クラス)                                                            | 350 点 |
|      | 理工学科(数理・物理クラス, 材料科学クラス, 情報系クラス, 電気電子・情報通信クラス, 機械知能航空クラス, 社会基盤・環境工学クラス) | 200 点 |

## 注 意 事 項

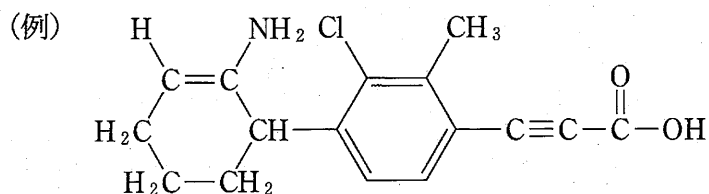
1. 問題は, ①と②の計2問です。
2. ①と②のすべてを解答しなさい。
3. 解答用紙は, (3の1)から(3の3)までの計3枚です。解答は, すべて解答用紙の指定欄に記入しなさい。
4. 必ず解答用紙のすべてに, 本学の受験番号を記入しなさい。
5. 印刷不鮮明およびページの落丁・乱丁等に気づいた場合は, 手を挙げて監督者に知らせなさい。
6. 問題冊子の余白等は適宜利用してよい。
7. 試験終了後, 問題冊子および計算用紙は持ち帰りなさい。

1) 必要なときは、次の原子量を用いよ。

H : 1.00    C : 12.0    O : 16.0    Na : 23.0    Cl : 35.5    Ca : 40.1

Br : 79.9    Zn : 65.4

2) 構造式は例にならって書け。



**1** 次の問 1 と問 2 に答えよ。

問 1. 次の設問(1)～設問(5)に答えよ。解答用紙には各化合物の数字を用いて解答せよ。

(1) 次の化合物①～化合物④中に含まれる炭素－炭素原子間の距離が長い順に並べよ。

① ベンゼン      ② エチレン      ③ アセチレン      ④ エタン

(2) 次の化合物①～化合物④について沸点が高い化合物から低い化合物の順に並べよ。

① 2-メチル-2-プロパノール      ② 1-ブタノール  
③ 2-ブタノール      ④ ブタン

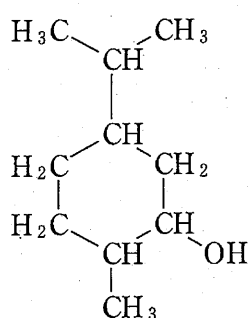
(3) 次の化合物①～化合物③について融点が高い化合物から低い化合物の順に並べよ。

① ステアリン酸( $C_{17}H_{35}COOH$ )      ② リノレン酸( $C_{17}H_{29}COOH$ )  
③ リノール酸( $C_{17}H_{31}COOH$ )

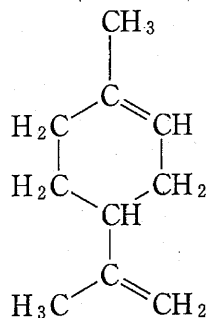
(4) 次の化合物①～化合物④について水溶液の酸の強さが強い化合物から弱い化合物の順に並べよ。

① フェノール      ② 酢酸  
③ 塩化水素      ④ 二酸化炭素

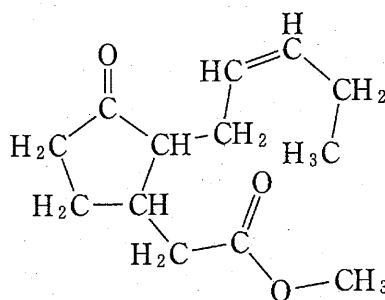
- (5) 次の化合物①～化合物③に含まれる不斉炭素原子について数が多い化合物から少ない化合物の順に並べよ。



①メントール



②リモネン



③ジャスモン酸メチル

問 2. 次の文章を読み、設問(1)～設問(3)に答えよ。

化合物 A, B, C, D, E は分子式  $C_5H_{12}O$  で表されるアルコールである。化合物 A は、この中で最も酸化されにくい化合物である。化合物 B, C, D は不斉炭素をもつ化合物である。化合物 C と化合物 E は直鎖状の炭化水素基を持つ化合物である。化合物 B を濃硫酸とともに加熱すると、水が脱離して化合物 F と化合物 G が生成し、化合物 F に水を付加させると化合物 A と化合物 B が生成した。化合物 C と化合物 E を二クロム酸カリウムで酸化すると、化合物 C からは化合物 H が生成し、化合物 E からは還元力を持つ化合物を経て最終的に化合物 I が生成した。化合物 B, C, H はヨードホルム反応を示し、化合物 I の水溶液に炭酸水素ナトリウムを加えると気体が発生した。

- (1) 化合物 A～化合物 I の構造式を示せ。なお、不斉炭素原子は考慮しなくても構わない。
- (2) 化合物 A～化合物 I の中で全ての炭素原子が同一平面上に存在する化合物を全て答えよ。
- (3) 50.0 g の化合物 F と反応する臭素は何 g か。有効数字 3 桁で答えよ。計算過程も示せ。

2 次の[I]と[II]の文章を読み、問1～問9に答えよ。

[I] 大気圧環境下において二酸化炭素は、常温では気体であるが、 $-100^{\circ}\text{C}$ の低温では (ア) 結晶からなるドライアイスと呼ばれる固体となる。これらの温度、圧力による状態の変化は、二酸化炭素の状態図(図1)から分かる。<sup>①</sup> $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ のもとで、温度を上げていくと固体のドライアイスは、液体を経ずに直接気体の二酸化炭素となる。この現象を (イ) という。逆に気体が液体を経ずに直接固体になることを (ウ) という。状態図の固体・液体・気体を区切っている3本の曲線の交わるA点を (エ) という。蒸気圧曲線が途切れたB点を (オ) という。B点を超えて温度と圧力を高くしていくと気体と液体の区別がつかない状態となる。この状態にある物質を (カ) という。

二酸化炭素は、化石燃料を燃焼させることで発生する。大気中の年間平均二酸化炭素濃度は、産業革命以前は約280 ppm<sup>\*</sup>であったが、2025年現在では約420 ppmに増加しており、地球温暖化が進むことが懸念されている。<sup>②</sup><sup>③</sup>そのため、火力発電所等から発生した二酸化炭素を海底や岩盤に貯留する技術開発が行われている。

<sup>\*</sup>1 ppm は、大気  $1 \text{ m}^3$  中に  $1 \text{ cm}^3$  の気体の二酸化炭素が存在することを意味する。

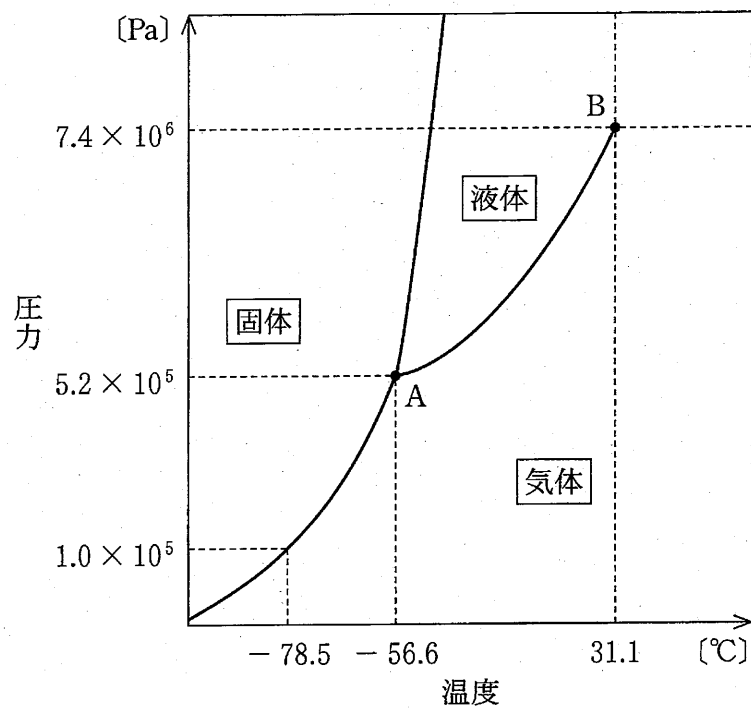


図1 二酸化炭素の状態図

問 1. 空欄 (ア) ~ 空欄 (カ) に入る最も適当な語句を書け。

問 2. 下線部①の状態図から読み取れる正しい内容を、次の(a)~(e)から全て選び記号で答えよ。

- (a) 室温で圧力を変化させても、物体の状態は変わらない。
- (b) 圧力が増加すると二酸化炭素の融点は減少する。
- (c) 二酸化炭素の蒸気圧は、温度の増加とともに増加する。
- (d) 圧力  $1 \times 10^6$  Pa の環境下では、温度によって二酸化炭素は液体として存在できる。
- (e) A 点より高い温度では、ドライアイスにはならない。

問 3. 下線部②について，化石燃料のプロパン  $\text{C}_3\text{H}_8$  22.0 kg が二酸化炭素と水に完全燃焼した場合の発熱量[kJ]と，発生する二酸化炭素の体積[L]を有効数字 2 桁でそれぞれ求めよ。計算過程も示せ。なお，温度は  $27^\circ\text{C}$ ，圧力は  $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ ，気体定数は  $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ ，プロパンの燃焼エンタルピーは  $-2219 \text{ kJ/mol}$  とし，二酸化炭素は理想気体としてふるまうものとする。

問 4. 下線部③について，空気中の二酸化炭素濃度の増加により生じる変化として正しい内容を，次の(a)~(e)から全て選び記号で答えよ。なお，温度は一定温度とし，二酸化炭素は理想気体としてふるまい，ヘンリーの法則に従うものとする。

- (a) 空気の全圧が減少する。
- (b) 空気中の二酸化炭素量の分圧が増加する。
- (c) 空気と接する水中に溶ける二酸化炭素量が増加する。
- (d) 空気に接する水の pH が増加する。
- (e) 空気に接する水の凝固点が増加する。

問 5. 二酸化炭素の発生を確かめるために石灰水がよく用いられる。石灰水に二酸化炭素を通じると白い沈殿が生じる。この化学反応式(a)を書け。また，さらに二酸化炭素を通じ続けると，白い沈殿は溶解する。この化学反応式(b)を書け。

[Ⅱ] 5種類の金属イオン  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$  の硝酸塩を含む水溶液に対して、次の分離操作 1～4 を順に行った。ただし、各試薬の添加量や温度条件は、金属イオン分離のための最適な条件に設定されているものとする。

操作 1 : 水溶液に希塩酸を加えて、生じた沈殿物 **A** をろ過した。

操作 2 : 操作 1 のろ液に硫化水素を通じ、生じた沈殿物 **B** をろ過した。

操作 3 : 操作 2 のろ液を加熱して硫化水素を追い出し、硝酸を加えた。この溶液にアンモニア水を過剰量加えて、生じた沈殿物 **C** をろ過した。

操作 4 : 沈殿物 **C** に、過剰の水酸化ナトリウム水溶液を加えて、残った沈殿物 **D** をろ過した。

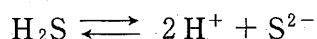
問 6. 沈殿物 **A** と沈殿物 **B** の色と主に含まれる物質の化学式を書け。

問 7. 操作 3 のろ液に炭酸アンモニウム水溶液を加えたところ沈殿が生じた。この沈殿に主に含まれる物質の化学式を書け。

問 8. 操作 4 により沈殿物 **C** から沈殿物 **D** が分離可能となる理由を化学反応式を示し説明せよ。

問 9. 下線部④の物質は、 $\text{Zn}^{2+}$  を固体として沈殿分離できるため廃水処理にも利用される。亜鉛含有量の国内の排水基準は  $2.0 \text{ mg/L}$  以下と定められている。この排水基準は、 $1 \text{ L}$  に含まれる亜鉛の総量が  $2.0 \text{ mg}$  以下にする必要があること意味する。そのため、沈殿した固体と液体を分離した後、水に溶けている亜鉛濃度が排水基準以下の状態で環境中に放水する必要がある。次の設問(1)と設問(2)に答えよ。

- (1) 下線部④の物質と  $\text{Zn}^{2+}$  が反応した沈殿物の  $25^\circ\text{C}$  の溶解度積は、 $2.2 \times 10^{-18} (\text{mol/L})^2$  とする。 $\text{Zn}^{2+}$  濃度を排水基準値以下となる  $[\text{S}^{2-}]$  の最低濃度  $[\text{mol/L}]$  を溶解度積から有効数字 2 桁で求めよ。計算過程も示せ。
- (2) 下線部④の物質は、2 段階で電離するが、その全体の化学反応は以下のとおりとなる。



この全体反応の電離定数は、 $1.2 \times 10^{-21} (\text{mol/L})^2$  であるとする。 $[\text{H}^+]$  が  $1.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ 、 $[\text{H}_2\text{S}]$  が  $0.10 \text{ mol/L}$  の水溶液において、 $\text{Zn}^{2+}$  濃度は亜鉛の排水基準以下となるか計算過程を示し説明せよ。