

令和5年度

# 理工学群化学類

## 推薦入試

### 小論文

## 試験問題

#### 注意事項

- ① 問題Ⅰ～Ⅲは別々の解答用紙に解答し、各用紙の左上に問題番号を記入すること。
- ② 解答が書き切れない場合は、「裏へ」と明記の上で、その解答用紙の裏面に続けて書くこと。
- ③ 下書き用紙も回収する。
- ④ 試験時間は120分とする。
- ⑤ 解答に必要な場合は、次の数値を用いること。

原子量：H = 1.00, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Si = 28.1,  
Ge = 72.6

問題 I

次の英文を読み、問 1 ～問 5 に答えよ。

(この部分は、著作権の都合上、公開できません)

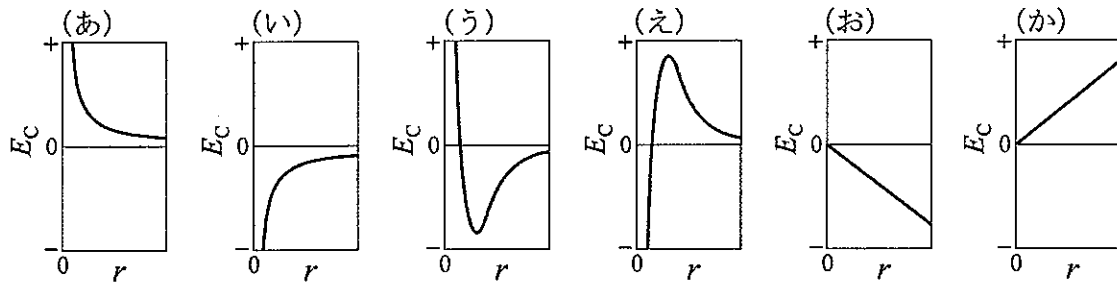
(この部分は、著作権の都合上、公開できません)

注：relativity 相対性, work 仕事, SIunit 国際単位, repulsion 反発, nuclei 核 (nucleus の複数形), Coulomb フランスの物理学者, proportional 比例した, vacuum permittivity 真空誘電率, infinity 無限遠, numerator (分数の) 分子, kinetic energy 運動エネルギー, conserve 保存する, initially 初めは, dissipate 散逸する, thermal 熱の, chaotic 無秩序な

P. Atkins, L. Jones and L. Laverman 著, Chemical Principles The Quest for Insight, 6<sup>th</sup> Edition (W. H. Freeman and Company, 2013)より抜粋 (一部改変)

問1 下線部(a)を80字以内で和訳せよ。

問2 式(2)を考えたとき、水素の原子核と電子の間の  $E_c$  と  $r$  の関係を表すグラフとして最も適切なものを次の (あ) ~ (か) の中から1つ選び、記号で答えよ。



問3  に当てはまる単位を、本文中に記載されている国際単位を用いて表せ。

問4 下線部(b)について以下の (1) ~ (3) に答えよ。

- (1) (b)の例を通じて述べられている法則の内容を、10-15字程度で述べよ。
- (2) ボールが地面に衝突し停止した時、衝突前に持っていたボールのエネルギーはどうなったか。本文に即して40字程度で答えよ。
- (3) (1)の法則を化学反応に適用した法則の名称を答えよ。また、その法則の内容を40字程度で述べよ。

問5 一酸化炭素と炭化水素 A を物質質量比 1 : 1 で混合した気体について、以下の (1) ~ (3) に答えよ。ただし、混合気体は理想気体としてふるまうものとする。また、混合気体の温度および圧力は、それぞれ 300 K,  $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  であり、気体定数  $R$  を  $8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K})$  とする。

- (1) 混合気体の密度は  $1.45 \text{ g/L}$  であった。A の分子量を有効数字 2 桁で求めよ。また A の物質名を答えよ。
- (2) 二酸化炭素および一酸化炭素の生成熱がそれぞれ  $394 \text{ kJ/mol}$ ,  $111 \text{ kJ/mol}$  であるとき、一酸化炭素の 1 mol あたりの燃焼熱を求めよ。
- (3) 混合気体  $2.0 \text{ L}$  を完全燃焼させたとき、生じた熱量は  $100 \text{ kJ}$  であった。A の 1 mol あたりの燃焼熱を有効数字 2 桁で求めよ。

## 問題 II

次の文章を読み、問 1～問 9 に答えよ。

2022 年は「国際ガラス年」である。ガラスは、広義には、非晶質（アモルファス）の状態にある物質である。(a)石英ガラスは、(b)二酸化ケイ素を原料として作られ、(c)ケイ素の結晶の Si-Si 結合を Si-O-Si 結合で置き換えた部分構造をもつが、明確な(d)融点をもたない。二酸化ケイ素は(e)酸性酸化物であり、塩基性酸化物を加えると中和反応が起こり、(f)さまざまな特徴をもつガラスが得られる。水ガラスは、水あめ状の(g)ケイ酸ナトリウムの濃い水溶液であるが、塩酸を加えると、白色ゲル（ゼリー）状になって固まる。これを加熱し、水分を十分減らすと(h)無色透明な固体になり、吸湿剤、乾燥剤に用いられる。

問 1 下線部(a)に関して、水晶は石英ガラスと異なり、秩序構造をもつ化合物である。水晶と似た構造をもつものを、以下の物質の中から 1 つ選べ。

ダイヤモンド、黒鉛、フラーレン

問 2 下線部(b)に関して、二酸化ケイ素と十分な量のフッ化水素酸を混合したときに起きる反応を反応式で示せ。

問 3 下線部(c)に関して、ケイ素結晶の単位格子の長さを  $a$  [cm] としたとき、密度  $d$  [g/cm<sup>3</sup>] を、アボガドロ定数  $N_A$  [mol] と  $a$  を用いて表せ。

問 4 下線部(c)に関して、14 族元素である、炭素、ケイ素、ゲルマニウムの水素化合物について考える。

- (1) SiH<sub>4</sub> の慣用名を答えよ。
- (2) CH<sub>4</sub>, SiH<sub>4</sub>, GeH<sub>4</sub> を沸点の低いものから高いものの順に並べよ。また、その順になる理由を答えよ。

問 5 下線部(d)に関して、一般的に高分子化合物は明確な融点を示さない。この理由を、50 字程度で答えよ。

問6 下線部(e)に関して、以下の酸化物から酸性酸化物をすべて選び、記号で答えよ。

(ア)  $\text{CO}_2$  (イ)  $\text{Na}_2\text{O}$  (ウ)  $\text{SO}_2$  (エ)  $\text{Cl}_2\text{O}_7$  (オ)  $\text{K}_2\text{O}$   
(カ)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (キ)  $\text{CuO}$  (ク)  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (ケ)  $\text{SnO}$  (コ)  $\text{PbO}$

問7 下線部(f)に関して、以下のガラスの中から、X線の遮蔽に用いられるものを1つ選べ。

石英ガラス、ソーダガラス、カリガラス、鉛ガラス、ホウケイ酸ガラス

問8 下線部(g)の物質を、二酸化ケイ素と水酸化ナトリウム、および二酸化ケイ素と炭酸ナトリウムから得る反応式をそれぞれ示せ。

問9 下線部(h)について以下の問に答えよ。

- (1) 下線部(h)の固体の名称を答えよ。
- (2) 下線部(h)の固体が多量の水蒸気を吸着できる理由を80字程度で答えよ。

### 問題Ⅲ

次の文章を読み、問1～問8に答えよ。

$\alpha$ -アミノ酸は、一般式  $R-CH(NH_2)-COOH$  で表される（ここで、R は側鎖とよばれる置換基である）。分子内に酸性の **ア** 基と塩基性の **イ** 基があるので、酸と塩基の両方の性質を示す両性化合物である。アミノ酸は有機化合物でありながらヘキサンなどの炭化水素溶媒に溶けにくく、むしろ水に溶けやすい。

側鎖 R が水素以外である天然  $\alpha$ -アミノ酸には不斉炭素があるので、側鎖 R 内に不斉炭素を含まなければ1対の鏡像異性体が存在しうる。実際の天然  $\alpha$ -アミノ酸は図1に示すL型の構造をとっている。

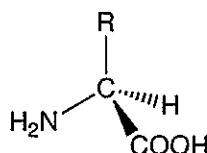


図1 L型 $\alpha$ -アミノ酸の構造（ $\blacktriangleleft$ で表された結合は紙面の手前、 $\cdots$ で示された結合は紙面の奥にあることを示す。）

1つのアミノ酸の **ア** 基と別のアミノ酸の **イ** 基との間で **ウ** が起こると、アミド結合ができる。アミノ酸どうしから生じたアミド結合を特にペプチド結合という。2分子のアミノ酸の結合で生じたペプチドをジペプチド、3分子のアミノ酸の結合で生じたペプチドをトリペプチド、多数のアミノ酸の結合で生じたペプチドをポリペプチドという。

(a)鎖状トリペプチド X 1 mol を塩酸中で完全に加水分解すると、天然 $\alpha$ -アミノ酸 Y 2 mol と天然 $\alpha$ -アミノ酸 Z 1 mol を生じた。 (b)アミノ酸 Y とアミノ酸 Z の混合物を pH = 6.0 の水溶液で電気泳動を行うと、アミノ酸 Y はほとんど移動しなかった。

アミノ酸 Y は鏡像異性体が存在しない  $\alpha$ -アミノ酸であった。

アミノ酸 Z は側鎖にも **エ** 基を含んでいて、等電点が 3.2 を示す酸性アミノ酸であった。分子量は 200 以下で、不斉炭素原子を1つ含むことが分かっている。アミノ酸 Z 441 mg を完全燃焼させると、水 243 mg、二酸化炭素 660 mg、および窒素酸化物のみが生成した。窒素酸化物を全て単体の窒素に還元したところ、窒素 42.0 mg が生成した。

問1 ～に当てはまる適切な語句を以下の語群から選んで答えよ。  
同じ語句を複数回選んでもよい。

アルキル	アミノ	アルデヒド	カルボキシ
カルボニル	スルホ	ニトロ	ヒドロキシ
ビニル	付加反応	脱離反応	縮合反応

問2 アミノ酸が炭化水素溶媒に溶けにくく、水に溶けやすい理由を説明せよ。

問3 下線部(a)について、トリペプチド X の加水分解反応後にトリペプチド X が残っていないことを、どのようにして判断したらよいか説明せよ。

問4 アミノ酸 Y の名称を答えよ。

問5 アミノ酸 Z の分子式を答えよ。導出過程も示すこと。

問6 アミノ酸 Z の構造式を、不斉炭素の立体構造が L 型であることが分かるように図 1 にならって示せ。

問7 下線部(b)について、 $\text{pH} = 6.0$  の水溶液で電気泳動を行ったときのアミノ酸 Z の挙動を理由も含めて説明せよ。

問8 トリペプチド X として可能な構造は何種類あるか答えよ。なお、側鎖 R はペプチド結合の生成には関与しないものとする。