

2025年度〈一般選抜前期〉

化学 200点満点

【問題冊子】(1～12ページ)

(注 意)

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開かないこと。
2. 試験開始後、問題冊子のページ数(1～12ページ)を確認すること。
3. 各ページの余白を下書きに使用してもよい。
4. 試験時間 12:40～14:10
5. 試験終了後、問題冊子は持ち帰ること。

下書き用

【I】次の記述を読み、問1～6の答を解答冊子の解答欄に記せ。ただし、原子量は $H=1.0$ 、 $C=12.0$ 、 $O=16.0$ 、 $Na=23.0$ 、 $Cl=35.5$ 、 $Ca=40.0$ とする。(50点)

海水中で (a) カルシウム Ca は二酸化炭素 CO_2 とともにサンゴや貝類などによって炭酸カルシウム $CaCO_3$ に変えられ、それらが堆積し時を経て石灰石(主成分は $CaCO_3$)の地層を形成する。石灰石の地層はカルスト地形や (b) 鍾乳洞を形成する他、鉱床として採掘され、産出する石灰石は主としてセメントの他、様々な化学工業の原料となる。石灰石を強熱すると酸化カルシウム CaO が得られ、(c) CaO と水を反応させると水酸化カルシウム $Ca(OH)_2$ が得られる。(d) $Ca(OH)_2$ は白壁の材料である漆喰の主成分として古くから利用されてきた。また、 Ca は硫酸カルシウム二水和物 $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ として産出され、建材や塑像の材料に用いられる他、(e) リン鉱石(主成分はリン酸カルシウム $Ca_3(PO_4)_2$)として産出され、肥料の原料に用いられる。

問1 CaO 、 $Ca(OH)_2$ 、 $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ の名称として最も適当な語句を次の(A)～(J)より1つずつ選び、記号を記せ。

- (A) 消石灰 (B) 大理石 (C) さらし粉 (D) 重曹
(E) にがり (F) セッコウ (G) 石炭 (H) グラファイト
(I) シリカゲル (J) 生石灰

問2 下線部(a)に関連して、 $CaCO_3$ に塩酸 HCl aq を作用させると CO_2 が発生する。 $CaCO_3$ をはかり取り、濃度 c で用意した塩酸 40 mL と完全に反応させた。反応後の塩酸の濃度を 1.0 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 $NaOH$ aq で中和滴定した。はかり取る $CaCO_3$ の質量を変えて同じ操作を行い、 $CaCO_3$ の質量と中和に必要なだった $NaOH$ aq の体積の関係について右に示す結果を得た。次の問に答えよ。ただし、 $CaCO_3$ と塩酸との反応による水溶液の体積変化はないものとする。

$CaCO_3$ (g)	$NaOH$ aq (mL)
0.8	24.0
1.2	16.0
1.6	8.0

- (i) $CaCO_3$ と塩酸が反応するときにおこる化学反応の反応式を記せ。
- (ii) 用いた塩酸 40 mL の濃度 c は何 mol/L か。答は四捨五入して小数第1位まで記せ。
- (iii) 水溶液中の HCl と過不足なく反応する $CaCO_3$ の質量は何 g か。答は四捨五入して小数第1位まで記せ。

問3 下線部(b)について、鍾乳洞内では CO_2 を含む水 H_2O に石灰石中の $CaCO_3$ が反応して溶解する。一方、この水溶液中で逆反応がおこり $CaCO_3$ が析出すると、鍾乳石や石筍などの構造物がつくられる。このときおこる $CaCO_3$ の溶解と析出の可逆反応の反応式を記せ。

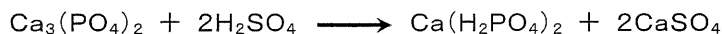
問4 下線部(c)について、次の問に答えよ。ただし、反応は 25.0°C 、 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ に保たれた実験室で行ない、反応の前後ですべての物質の温度は 25.0°C となり、 H_2O は液体であるとする。

(i) 1.00 mol の CaO は H_2O と過不足なく反応することにより 65.0 kJ の熱を発生する。この化学反応を、エンタルピー変化 ΔH を付した反応式で記せ。

(ii) (i) の化学反応は食物や飲料の加熱に使われる。 112 g の CaO と H_2O を過不足なく反応させて生じる熱を使って、温度 25.0°C の液体ⓧ 1000 g を温めたところ、最高 35.0°C に到達した後 25.0°C にもどった。最高温度に到達したとき、液体ⓧ 1000 g に吸収された熱量のうち放出されずに残っていた熱量は、反応で生じた全熱量の何%か。答は四捨五入して小数第1位まで記せ。ただし、 1 g の液体ⓧの温度を 1°C 上昇させるのに必要な熱量は $6.50 \text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ とする。

問5 下線部(d)について、漆喰は壁として塗られた後、徐々に空気中の CO_2 と反応して再度 CaCO_3 に変化していく。この反応の反応式を記せ。

問6 下線部(e)について、リン酸カルシウム $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ は水に溶けにくいため、硫酸 H_2SO_4 を作用させ水に溶けやすいリン酸二水素カルシウム $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ として肥料に用いる。



また、 H_2SO_4 の代わりにリン酸 H_3PO_4 を反応させることで $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ のみを得ることができ。この反応の反応式を記せ。

【Ⅱ】次の記述を読み、問1～6の答を解答冊子の解答欄に記せ。

(50点)

純粋な水では、水分子のごく一部が電離して、次の式①の電離平衡の状態にある。



このとき、 H_2O 、 H^+ 、 OH^- のモル濃度〔mol/L〕をそれぞれ $[\text{H}_2\text{O}]$ 、 $[\text{H}^+]$ 、 $[\text{OH}^-]$ と表すと、式①の平衡定数 K は次の式②で表すことができる。

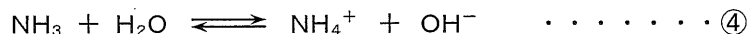
$$K = \frac{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]} \quad \dots\dots\dots \textcircled{2}$$

ここで、水分子の電離はごくわずかであることから、水のモル濃度 $[\text{H}_2\text{O}]$ は一定とみなすことができ、式②は次の式③で表すことができる。

$$[\text{H}^+][\text{OH}^-] = K[\text{H}_2\text{O}] = K_w \quad \dots\dots\dots \textcircled{3}$$

この K_w を水の〔ア〕という。(a) K_w の値は、 25°C において $1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$ である。また、中性の水では $[\text{H}^+]$ と $[\text{OH}^-]$ が等しいため、 25°C における pH は7である。

(b) アンモニア NH_3 は、水溶液中で水と反応し、次の式④の平衡状態に達している。



希薄な NH_3 水溶液において、 NH_3 の電離定数 K_b は、 NH_3 および NH_4^+ のモル濃度〔mol/L〕をそれぞれ $[\text{NH}_3]$ および $[\text{NH}_4^+]$ と表し $[\text{H}_2\text{O}]$ を一定とみなすと、次の式⑤で表すことができる。

$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} \quad \dots\dots\dots \textcircled{5}$$

異なる塩基の水溶液では、同じ濃度であっても電離定数の大きいものほど $[\text{OH}^-]$ が〔イ〕なり、その水溶液の塩基性は〔ウ〕なる。

(c) 塩化アンモニウム NH_4Cl を水に溶かすと酸性を示す。一方、(d) NH_3 と NH_4Cl の混合水溶液に酸や塩基を少量加えても、pH はほとんど変化しない。このように pH をほぼ一定に保つ作用をもつ水溶液を〔エ〕液という。

問1 〔ア〕および〔エ〕に入る最も適当な語句を記せ。また、〔イ〕および〔ウ〕に入る最も適当な解答欄の語句を○で囲め。

問2 下線部(a)に関連して、〔オ〕、〔キ〕～〔ケ〕に入る最も適当な解答欄の語句を○で囲み、また、〔力〕に入る最も適当な語句を記し、次の文章を完成させよ。

K_w の値は、温度によって変化する。これは水の電離が中和反応の逆反応であり、〔オ〕反応であることに関連する。例えば、高温になるほど〔力〕の原理により式①の反応の平衡は〔キ〕向きに移動し、 K_w の値は〔ク〕なる。すなわち、 25°C より高い温度の中性の水の pH の値は7より〔ケ〕なる。

問3 下線部(b)に関連して、25°CにおけるNH₃の電離定数 K_b を 1.8×10^{-5} mol/L とするとき、次の問に答えよ。

(i) 25°Cで4.5 mol/LのNH₃水溶液中のNH₃の電離度は $\times 10^{-3}$ である。空欄 に入る数値を四捨五入して小数第1位まで記せ。ただし、NH₃の電離度は1に比べて十分に小さいものとする。

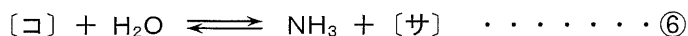
(ii) (i)の水溶液のOH⁻の濃度は $\times 10^{-3}$ mol/L である。空欄 に入る数値を四捨五入して小数第1位まで記せ。

問4 下線部(c)に関連して、次の(A)～(E)のうち、その水溶液が塩基性を示すものをすべて選び、記号を記せ。

- (A) NH₄NO₃ (B) KNO₃ (C) Na₂CO₃
(D) Na₂SO₄ (E) CH₃COONa

問5 下線部(c)に関連して、[コ] および[サ] に最も適当な化学式を、また[シ] に最も適当な式を入れ、次の文章を完成させよ。

NH₄Clを水に溶解すると電離で生じた[コ]の一部が水分子と反応して[サ]を生じる。すなわち、次の式⑥の平衡状態にある。



ここで[サ]をH⁺と略記し、[コ]のモル濃度[mol/L]を[[コ]]と表すと、式⑥の平衡定数 K' は次の式⑦で表すことができる。さらに[H₂O]を一定として整理すると、式⑧で表すことができる。式⑧の K_h は加水分解定数とよばれる。

$$K' = \frac{[\text{NH}_3][\text{H}^+]}{[[\text{コ}]][\text{H}_2\text{O}]} \quad \cdots \cdots \text{⑦}$$

$$K_h = K'[\text{H}_2\text{O}] = \frac{[\text{NH}_3][\text{H}^+]}{[[\text{コ}]]} \quad \cdots \cdots \text{⑧}$$

式⑧の分母と分子に[OH⁻]をかけると、 K_h は K_w と K_b を用いて、 $K_h = [\text{シ}]$ と表すことができる。

問6 下線部(d)に関連して、NH₃とNH₄Clの混合水溶液に少量の塩酸(HCl水溶液)または少量の水酸化ナトリウムNaOH水溶液を加えても混合水溶液のpHはほとんど変化しない。それぞれの場合のpHがほとんど変化しない理由となるイオン反応式を記せ。

【Ⅲ】 次の記述を読み、問 1 ～ 5 の答を解答冊子の解答欄に記せ。有機化合物の構造式は、解答冊子の解答欄の上に示す例にならって記せ。(50 点)

ベンゼン環をもつ化合物は芳香族化合物とよばれる。芳香族化合物には、下の図 1 で示される化合物①～④のように、ベンゼン環の 1 個の水素原子を他の原子団で置換した化合物があり、それらは異なる性質や反応性を示す。この性質の違いにより、(a) 化合物①～④の混合物は図 2 に示す操作によって、それぞれの化合物に分離することができる。

ベンゼン環に 2 個以上の置換基をもつ芳香族化合物には、置換基の位置によって (b) 構造異性体が存在する。例えば、フタル酸は、ベンゼン環に 2 個のカルボキシ基をもち、カルボキシ基が互いにパラ位に結合した〔ア〕の構造異性体である。また、構造異性体どうしても異なる性質や反応性を示す。例えば、フタル酸は加熱すると〔イ〕で脱水反応が起こり無水フタル酸になるが、〔ア〕ではそのような反応は進行しない。

図 1

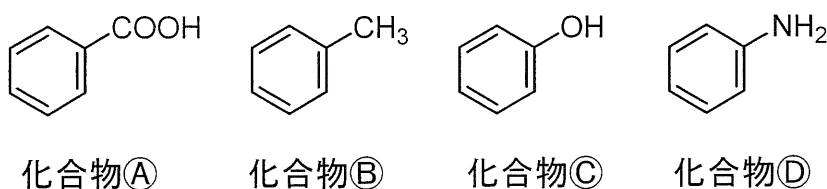
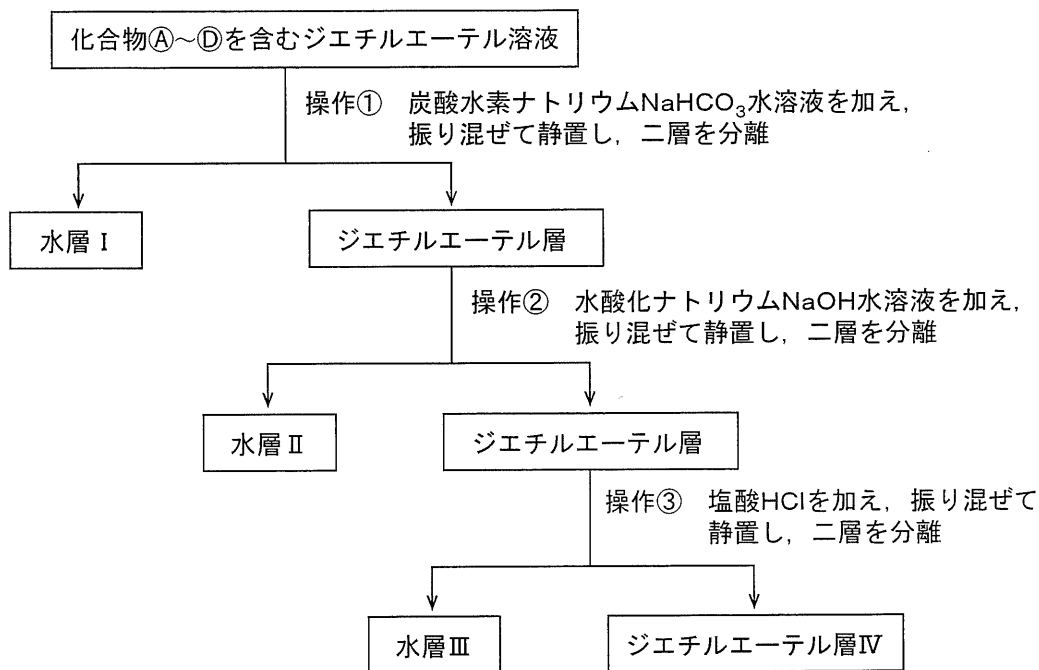


図 2



問1 [ア]に入る最も適当な化合物名を記せ。また、[イ]に入る最も適当な解答欄の語句を○で囲め。

問2 化合物⑤をスズと濃塩酸で還元すると化合物⑩の塩酸塩が得られる。化合物⑤の名称を記せ。

問3 下線部(a)に関連して、次の問に答えよ。なお、図2の操作の各段階において、それぞれの化合物あるいはその塩は、水層あるいはジエチルエーテル層のどちらか一方のみに含まれていた。

(i) 化合物④～⑩あるいはその塩は、どの層に含まれるか。次の(あ)～(え)より選び、記号を記せ。

(あ) 水層Ⅰ (い) 水層Ⅱ (う) 水層Ⅲ (え) ジエチルエーテル層Ⅳ

(ii) 水層Ⅱに十分な量の二酸化炭素 CO_2 を通じたところ、芳香族化合物の塩が CO_2 および水と反応し、芳香族化合物が遊離した。この化学反応の反応式を記せ。ただし、芳香族化合物は構造式で記せ。

問4 下線部(b)に関連して、ベンゼン環をもつ分子式 $\text{C}_7\text{H}_8\text{O}$ で表される化合物には5種類の構造異性体がある。それらの構造式をすべて記せ。

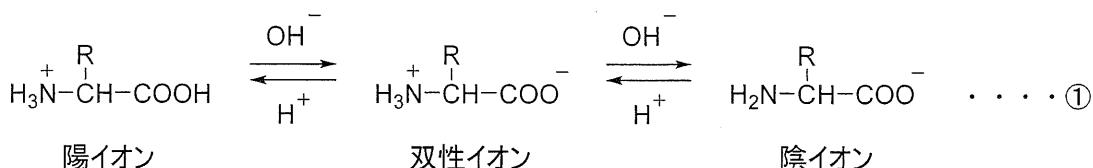
問5 サリチル酸は、ベンゼン環にヒドロキシ基とカルボキシ基をもち、それらの置換基が互いにオルト位に結合している分子式 $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3$ の芳香族化合物である。サリチル酸と無水酢酸 $(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}$ に濃硫酸を加えて反応させると解熱鎮痛剤として用いられる分子式 $\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4$ の化合物⑧が得られる。一方、サリチル酸とメタノール CH_3OH に濃硫酸を加えて加熱すると消炎鎮痛剤として用いられる分子式 $\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_3$ の化合物⑨が得られる。次の問に答えよ。

(i) 化合物⑧および⑨の構造式を記せ。

(ii) サリチル酸、化合物⑧、化合物⑨の中で、塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えると呈色反応を示す化合物をすべて選び、解答欄の語句を○で囲め。

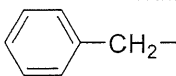
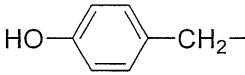
【IV】 次の記述を読み、問 1 ～ 5 の答を解答冊子の解答欄に記せ。ただし、原子量は $H=1.0$, $C=12.0$, $N=14.0$, $O=16.0$ とする。有機化合物の構造式は解答冊子の解答欄の上に示す例にならって記せ。(50 点)

分子内にアミノ基とカルボキシ基の両方をもつ化合物をアミノ酸といい、アミノ酸のうち、これら 2 つの官能基が同じ炭素原子に結合しているものを α -アミノ酸という。以下では、特に (a) 天然のタンパク質を構成する α -アミノ酸を考える。これは一般式 $R-CH(NH_2)-COOH$ で表される。アミノ酸の名称と置換基 R の構造を表 1 に示す。〔ア〕以外のすべての α -アミノ酸には〔イ〕炭素原子があるので、鏡像異性体が存在する。アミノ酸は酸と塩基の両方の性質を示し、水中や結晶中では分子内に正と負の両電荷をもつ双性イオンとして存在する。(b) 式①に示すように、アミノ酸水溶液に酸を加えると双性イオンは陽イオンになり、塩基を加えると双性イオンは陰イオンになるため、水溶液の pH によってイオンの割合は変化する。



複数のアミノ酸が脱水縮合しアミド結合で連なった化合物をペプチドといい、アミノ酸 2 分子が縮合したものをジペプチド、(c) 3 分子が縮合したものをトリペプチド、多数の分子が縮合したものをポリペプチドという。タンパク質は、ポリペプチド構造をもつ高分子化合物で、生命活動を支える重要な物質である。特に、生体内でおこる化学反応の触媒としてはたらくタンパク質を〔ウ〕という。〔ウ〕の中には、デンプンを加水分解する〔エ〕や、(d) タンパク質を加水分解するプロテアーゼなどがある。

表 1

アミノ酸	置換基 R の構造	アミノ酸	置換基 R の構造
グリシン	$H-$	フェニルアラニン	
アラニン	H_3C-	チロシン	
セリン	$HO-CH_2-$	グルタミン酸	$HOOC-CH_2-CH_2-$
システイン	$HS-CH_2-$	リシン	$H_2N-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-$

問 1 〔ア〕に入る最も適当なアミノ酸を表 1 の中から 1 つ選び、その名称を記せ。また、〔イ〕～〔エ〕に入る最も適当な語句を記せ。

問 2 下線部(a)に関連して、次の問に答えよ。

- (i) システインを穏やかに酸化すると、システイン 2 分子が $-SH$ どうしで結合した物質が得られた。この共有結合の名称を記せ。ただし、元素記号を用いて解答しないこと。
- (ii) アミノ酸に適切な条件で無水酢酸 $(CH_3CO)_2O$ を反応させると、アミノ基のアセチル化反応が進行する。アラニンのアミノ基をアセチル化した化合物の構造式を記せ。
- (iii) 178 mg のアラニンと 306 mg の無水酢酸を反応させると、アセチル化されたアラニンは最大何 mg 得られるか。答は四捨五入して整数値で記せ。ただし、無水酢酸はカルボキシ基とは反応しないものとする。

問 3 下線部(b)に関連して、次の問に答えよ。

- (i) 中性アミノ酸は、水溶液中では式①に示すように 3 種類のイオンの平衡混合物として存在する。一方で、酸性アミノ酸であるグルタミン酸は、陽イオン、双性イオン、1 価の陰イオン、2 価の陰イオンの 4 種類のイオンの平衡混合物として存在する。グルタミン酸の 2 価の陰イオンの構造式を式①に示す書き方にならって記せ。
- (ii) 等電点が 9.7 であるアミノ酸を表 1 の中から 1 つ選び、その名称を記せ。

問 4 下線部(c)に関連して、次の問に答えよ。

- (i) ペプチド⑧は、アラニン、チロシン、セリン各 1 分子からなる直鎖状のトリペプチドである。⑧には、何種類の構造異性体が存在するか。その数を記せ。
- (ii) ⑧の水溶液に濃硝酸を加えて加熱し、冷却後にアンモニア水を加えて塩基性になると、水溶液は呈色した。呈色した色として最も適当なものを次の (A) ~ (E) より 1 つ選び、記号を記せ。また、この呈色が起こる原因となったアミノ酸の名称を記せ。
(A) 赤紫色 (B) 橙黄色 (C) 深青色 (D) 淡緑色 (E) 黒色
- (iii) あるペプチドの水溶液に水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱した後に、酢酸鉛(II)水溶液を加えると、黒色沈殿が生じた。この反応で検出できるアミノ酸は何か。表 1 の中から 1 つ選び、その名称を記せ。

問 5 下線部(d)に関連して、パイナップルにはプロテアーゼが含まれている。ゼラチン水溶液に生のパイナップルを加えて冷やしても、ゼラチンは固まらないが、加熱したパイナップルを加えて冷やすと、ゼラチンは固まる。加熱したパイナップルを使用するとゼラチンが固まる理由を簡潔に記せ。ただし、ゼラチンが冷えると固まる理由は、主成分であるコラーゲン由来のタンパク質が冷えることで、3 次元の網目構造を形成するためとする。

下書き用

下書き用

下書き用