



東北大学

令和6年度 一般選抜入学試験 個別学力試験
出題意図

(理科・化学)

前期日程

大問 1

・ 出題意図

水酸化ナトリウムを中心に、〔I〕ではその製造方法であるイオン交換法について、〔II〕では、水酸化ナトリウム水溶液による乳酸飲料（乳酸）の中和滴定について出題しました。知識、計算力のみならず、実験の経験や応用力を問う問題です。特に、記述問題および導出過程を記述する問題では、これらを通して、自分の考えを整理し、重要なポイントをわかりやすく論理的に説明するという、理系で求められる能力も試しています。

・ 講評

問1 イオン交換膜法による水酸化ナトリウムの製造は、教科書にも取り上げられることが多いプロセス（反応）です。教科書等には、あるプロセスが進んでいる状況しか書かれていないことが多いですが、実際の実験（操業）をするにあたり、どのように開始するか、何が問題になるのか等を考える問題です。正解している答案が多い一方、空欄も目立ちました。

問2 解答 ア 塩素 イ ナトリウムイオン ウ 水酸化物イオン

各電極でどのような物質やイオンが生成しているのかを問う問題です。いずれも高い正答率でしたが、空欄 および に「イオン」が欠落しているものも見られました。

問3 解答 A $2\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2\text{e}^-$ B $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$

C $2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2 + \text{Cl}_2 + 2\text{NaOH}$

各電極における反応および全体の反応を、反応式で正しく表すことができるかを問う問題です。問4を解答するための問題でもあります。高い正答率でした。

問4 解答 1.5

実際に生成(製造)する水酸化ナトリウムの質量を求める計算問題です。問3の反応式から計算できますが、単位(時間を秒に変換)や桁数の計算間違いと思われる解答も見られました。計算を迅速かつ正しく行えるようにすることが求められます。

問5 解答 (1) ア (c) イ (a) ウ (c) (2) ア (c) イ (a) ウ (c)

イオン交換膜の性質を理解して、どのような現象が生じるかを考える問題です。電流を流した際に、どのイオンがどちらに移動するのか、それを各イオン交換膜が通過させるのか通過させないのか、シミュレーションして見る必要があります。それぞれの正答率は中程度であったものの、完答に至ったものは少数でした。

問6 解答 1.76×10^3 (または 1.75×10^3)

水素の体積と TiH_2 の体積を与えられた条件から計算し、その比を求める問題です。次世代エネルギーの鍵となる水素を安全に活用していくためには、効率的に運搬することが必要になります。そのために用いる物質の一つとして、水素吸蔵合金があります。 TiH_2 をとりあげ、化学式から反応を推測してもらいました。水素の体積については、 0°C 、 $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ を標準状態とみなし、 1 mol が 22.4 L として計算した解答も正解としました。なお、水素を基準として、 TiH_2 がその何倍かを計算している(分子と分母が逆になっている)解答もありました。問題文を正しく読み取るようにしましょう。

問7 解答 エ ホールピペット (b) オ コニカルビーカー (a)
カ ビュレット (b)

中和滴定実験に用いる器具の名称および使用方法を問う問題です。名称については、語群から選ぶこともあり、正答率は高かったです。一方、使用前の共洗いの有無については、正答率は中程度でした。実験を行う際には、状況に適した器具を、正しく使用することが求められます。

問8 解答 7.50×10^{-1}

水溶液の単位換算に関する問題です。正答率は中程度でした。有効数字を間違えている解答も見られました。問題文をよく読んで、問われていることに正しく解答する習慣をつけましょう。なお、大問1の最初に「特に指示がない場合は、解答欄に単位を書かなくてよい。」と記載しており、また、本問題文にも「その数値を有効数字3桁で書け」と記載していますので単位は不要です。

問9 解答 (1) 2.0×10^{-2} (2) $K_h = Ch^2 / (1-h)$ (3) 8.2 または 8.15

1 価の酸である乳酸を水酸化ナトリウム水溶液中で中和滴定した際の、中和点における pH を計算する、一連の問題です。加水分解や電離について正しく理解しているかを問うています。教科書等では酢酸が多く用いられますが、同じ 1 価であり、弱酸である乳酸についても、同じように考えることができます。(1)、(2)を使って、(3)で pH を求めることとなります。(3)は常用対数の値であり、小数点より右側の数字を有効数字とみなした 8.15 も正答としました。(1)の正答率は中程度でしたが、(2)および(3)については空欄が目立ちました。

大問 2

・ 出題意図

化学を学習する上では、反応式や語句などを覚えるだけでなく、反応や用途の背景にある元素・イオン・物質の性質を理解することが大切です。〔Ⅰ〕では、水に関連する物質の諸性質と化学反応および分子結晶に関する問題、〔Ⅱ〕では、様々な金属を題材に、酸および塩基との反応、酸化還元、溶解度積などに関する出題を通じて、基礎的な理解度および様々な知識を組み合わせて対応する応用力を問いました。

・ 講評

〔Ⅰ〕

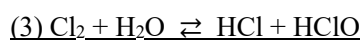
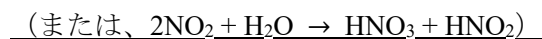
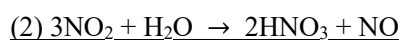
問 1 解答 (b), (d)

化学結合の分類を問う選択問題です。正答率は高めでした。

問 2 解答 (a), (d)

水の様々な性質に関する選択問題です。水の状態図をよく理解しておくと、(c)や(d)のような選択肢にも難なく対応することができます。正答率は中程度でした。

問 3 解答 (1) $\text{Ca} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{H}_2$



(4) (1)

(1), (2)および(3)は、代表的ないくつかの物質と水との反応に関する問題です。(2)の二酸化窒素と水との反応では、冷水を用いない限り、安定な化合物として硝酸と一酸化窒素が生じます。冷水を用いると亜硝酸 HNO_2 が生じますが、亜硝酸は不安定なため、不均化して硝酸と一酸化窒素になります。どちらも起こりうる反応ですが、亜硝酸が不安定であることは覚えておくとよいでしょう。(4)は、水が酸化剤としてのみはたらく反応を選択する問題で、各反応において H_2O の H と O の酸化数の変化を調べることにより答えにたどり着くことができます。(1)の正答率は高め、(2), (3)および(4)は中程度でした。

問 4 解答 (a), (d), (e)

水分を取り除くための乾燥剤を選択する問題です。酸化カルシウムとソーダ石灰は塩基性であるため、水だけでなく二酸化炭素も吸収してしまうことに注意が必要です。正答率は中程度でした。

問 5 解答 (1) 4 個

(2) 5.0 g/cm^3 (または 4.9 g/cm^3)

ヨウ素の結晶の密度を求める問題です。(1)は、高い正答率でした。(2)は、問題文中に与えられている体積を用いると容易に計算できます。図 1 中の各辺の長さから体積を求めても計算することができます。正答率は中程度でした。

〔II〕

問 6 解答 ア ジュラルミン イ 負極 ウ 正極 エ 両性元素 (両性金属)

金属の性質と応用に関する穴埋め問題です。正答率は高めでした。

問 7 解答 (b), (e)

両性金属およびその化合物と酸・塩基との反応に関する選択問題です。正答率は中程度でした。

問 8 解答 $2\text{Ag} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Ag}_2\text{SO}_4 + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

銀の溶解反応に関する問題です。銀と間違っって銅 (Cu) を記載した解答が散見されました。正答率は中程度でした。

問 9 解答 $2\text{KMnO}_4 + 5\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 10\text{CO}_2 + 8\text{H}_2\text{O}$

過マンガン酸カリウムの反応を問う問題です。全体の反応式を覚えていなくても、酸性条件下での半反応式 (酸化剤 $\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ + 5\text{e}^- \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$ 、還元剤 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \rightarrow 2\text{CO}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$) を組み合わせることで書くことができます。正答率は中程度でした。

問 10 解答 (c), (e)

Fe^{2+} と Fe^{3+} の性質に関する選択問題です。(b)は、 Fe^{3+} が H_2S によって還元されることに注意が必要です。正答率はやや低めでした。

問 11 解答 (1) $2x - 22$

(2) A 2.1×10^{-20} B 1.2×10^{-21}

(3) (c), (d)

溶解度積に関する問題です。(1)は、pH と電離定数の定義から求めることができます。(2)と(3)は、金属イオンと硫化物イオンの濃度の積を求めて溶解度積と比較する問題です。(1)で求めた $[\text{S}^{2-}]$ の式を用いると、このイオン濃度の積の計算が簡単になります。溶解度積に関する典型的な問題設定でしたが、質問の形式が見慣れなかったためか、(1)の正答率は中程度、(2)と(3)はやや低めでした。

大問 3

・ 出題意図

有機化合物の構造決定に関する問題です。個々の実験結果は、高校で学ぶ芳香族化合物、アルコール、アルケン、カルボン酸などの代表的な有機化合物の基本的な反応性の理解に加えて、冒頭で説明のある過マンガン酸カリウムによる酸化反応に基づいて正しく解釈できるように設定しています。さらに、不斉炭素原子の有無や個数など、問題文で与えられた情報も含めて総合的に分析し、論理的に正しい構造を推理する思考力を試しました。

・ 講評

問 1 解答：問 12 の解説の後に示しています。

芳香族化合物の反応（実験 3：ニトロ化）に関する問題です。濃硝酸と濃硫酸の混合物（混酸）を用いたニトロ化をトルエンに対して常温で行うと、主にオルト位またはパラ位がニトロ化された異性体の混合物が得られます。高い正答率でした。

問 2 解答：問 12 の解説の後に示しています。

芳香族化合物の反応（実験 6：サリチル酸合成）に関する問題です。化合物 **H** は高温・高圧下でのナトリウムフェノキシドと二酸化炭素の反応からも得られるとの記述から、一連の実験とは独立にサリチル酸であると特定することができます。高い正答率でした。

問 3 解答：問 12 の解説の後に示しています。

芳香族化合物の反応（実験 3：ニトロ基の還元）の理解と、化合物 **B**（オルト-トルイジン）の構造（置換位置）が正しく決定できたかを問う問題です。ニトロ基の濃塩酸とスズを用いた還元について、化学反応式の記述により、化学量論関係まで含めて理解しているかを問いました。また、化合物 **B** がオルト置換体であることは、実験 6 の記述からたどって特定することができます。化学量論が誤っている解答や、パラ置換体を示している解答なども散見されました。正答率はやや低めでした。

問 4 解答：問 12 の解説の後に示しています。

芳香族化合物の反応（実験 4：ジアゾ化、実験 5：ジアゾカップリング）に関する問題です。問 3 と同様、化合物 **B** の置換位置も含めて問う設問になっています。パラ置換体を示している解答や、メチル基を示していない解答も散見されました。正答率は中程度でした。

問 5 解答 : **C**: $C_{10}H_{20}O$, **J**: $C_{10}H_{18}$

元素分析を用いた分子式の決定に関する問題です。実験 7 の燃焼に関する記述と分子量の制限から、化合物 **C** の分子式を導き出すことができます。さらに、実験 9 の記述から化合物 **J** は化合物 **C** が脱水したものであることがわかります。高い正答率でした。

問 6 解答 : 問 12 の解説の後に示しています。

アルコールの反応 (実験 8, 9)、アルケンの反応 (実験 10, 11)、カルボン酸の反応 (実験 12)、分子式 (問 5)、不斉炭素原子の情報、化合物間のつながり (実験 9, 10 での **C** → **J** → **D** の変換) や、加水分解 (実験 1)、酸性・塩基性化合物の分液操作 (実験 2) も含めて総合的な分析力・推理力を問う構造決定の問題です。まず、実験 1 と実験 2 の記述から、化合物 **A** はアミド結合とエステル結合をもつ化合物であり、化合物 **B** はアミン、化合物 **C** はアルコール、化合物 **D** はジカルボン酸であることを把握しておくことが重要です。実験 8 からは化合物 **C** が第一級アルコールであることがわかります。実験 9 (アルコールの脱水) における不斉炭素の消失 (化合物の対称化) から、化合物 **C** は炭素間二重結合をもっていることが推測できます。実験 9, 10 を通して **C** (アルコール) → **J** (アルケン) → **D** (ジカルボン酸) と変換されたことから、化合物 **C** はアルケン置換基をもつアルコールであること、かつ **J** → **D** における二酸化炭素の生成に関する記述から、そのアルケンは一置換アルケンであることがわかります。実験 11 の記述からは、炭素間二重結合への水素付加によっても化合物が対称化することが読み取れます。ここまでの情報と、分子式 ($C_{10}H_{20}O$)、および化合物 **C** について不斉炭素は第四級炭素ではないとの記述 (問題文冒頭) から、ヒドロキシプロピル基、アリル基、プロピル基、そして水素が不斉炭素原子に結合した化合物 **C** の構造を導き出すことができます。なお、実験 12 の記述からジカルボン酸 **D** が脱水縮合して 6 員環の酸無水物を形成することから化合物 **D** の骨格がわかるため、そこから逆算すれば化合物 **C** の骨格についてより容易に推測することができます。高い正答率でした。

問 7 解答 : $C_8H_{14}O_4$

冒頭に紹介した過マンガン酸カリウムを用いた反応 (実験 10) の理解を問う問題です。まず、化合物 **D** がジカルボン酸であること (実験 1, 2) を把握しておくことが重要です。さらに、実験 10 において 2 倍の物質量の二酸化炭素が生成したことから、化合物 **J** は一置換アルケンを二つもち、それらが酸化されて化合物 **D** へと変換されたことが読み取れます。問 5 で求めた化合物 **J** の分子式から、原子数を適切に調整することで (構造が不明でも) 正解を導くことができます。正答率は低めでした。

問 8 解答：問 12 の解説の後に示しています。

ジカルボン酸の分子内脱水縮合による酸無水物の生成（実験 12）に絡めた構造決定の問題です。6 員環の酸無水物 **L** の生成から、ジカルボン酸 **D** はペンタンジカルボン酸骨格をもつことがわかります。骨格内の置換基については、化合物 **D** が不斉炭素原子をもたないことがヒントになりますが、単一の構造へと絞り込むには、化合物 **C** の構造に関する分析（実験 11 において不斉炭素が消失したこと）が必要です。低い正答率でした。

問 9 解答：問 12 の解説の後に示しています。

ジカルボン酸とエチレングリコールの縮合重合（実験 13）に関する問題です。反応自体は基本的で、問 8 において化合物 **D** の構造が特定できていれば繰返し構造を正答できる問題でした。低い正答率でした。

問 10 解答： 2.4×10^2

高分子の平均分子量から、結合数を求める問題です。繰返し単位あたりの分子量が 200 であることは、化合物 **D** の分子量およびエチレングリコールの分子量を正しく把握していれば計算できます。さらに、繰返し単位あたり 2 個のエステル結合が含まれることを理解していれば（必ずしも構造を特定できなくても）正答できる問題でした。低い正答率でした。

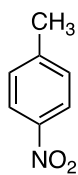
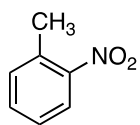
問 11 解答：問 12 の解説の後に示しています。

過マンガン酸カリウムによるアルケンの酸化に絡めた構造決定の問題です。前提として、問 8 において化合物 **D** の構造を特定していることが必要です。与えられた化合物 **N** の分子式 (C_8H_{14}) と化合物 **D** の分子式 ($C_8H_{14}O_4$) を比較して、化合物 **N** が環状アルケンであることを推理できるかが鍵となります。低い正答率でした。

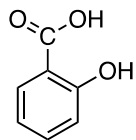
問 12 解答：問 12 の解説の後に示しています。

総合的な構造決定の問題です。ここまでの問で、化合物 **B**, **C**, **D** の構造を正しく特定できていれば、それらをアミド結合、エステル結合でつなぐことで構造を得ることができます。その際、ジカルボン酸 **D** にはなかった不斉炭素原子が、非対称化することで新たに生じることを忘れないことがポイントです。低い正答率でした。

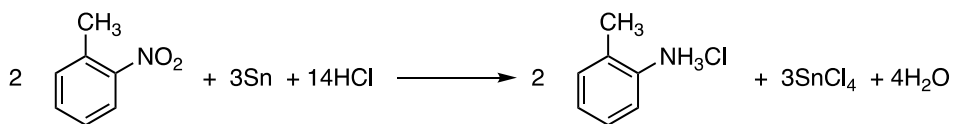
問1



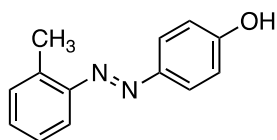
問2



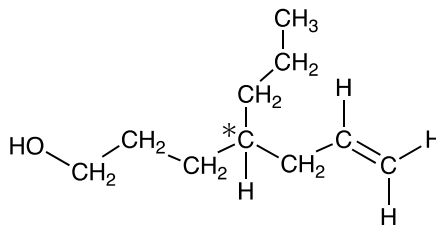
問3



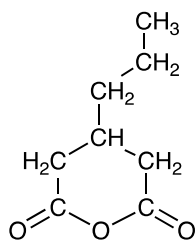
問4



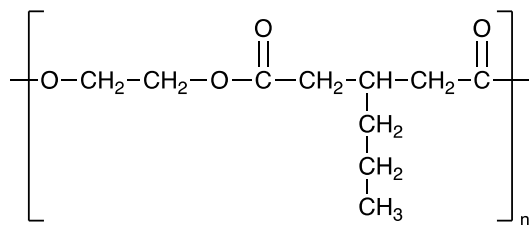
問6



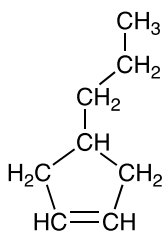
問8



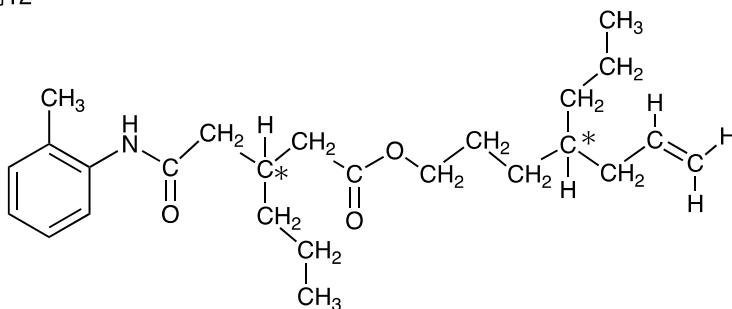
問9



問11



問12



後期日程

大問 1

・ 出題意図

本問題では、現代社会がかかえるエネルギー問題を念頭に、化学反応、電気エネルギー、反応速度、および化学平衡について、基礎的な知識と理解を総合的に問いました。特に電池と関連して、起電力、半電池、電極電位、ダニエル電池、濃淡電池、溶解度積等の基本概念の理解と計算能力の正確さを求めました。

・ 講評

〔Ⅰ〕

問 1 解答： ア 還元 イ 酸化 ウ 一次電池 エ 二次電池または蓄電池
電池について基礎的な知識を問いました。高い正答率でした。

問 2 解答： 1.10

電池の起電力に関する計算です。高い正答率でした。

〔Ⅱ〕

問 3 解答： ア $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$ イ $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$

ダニエル電池の正極と負極で起こる反応に関する設問です。正極と負極の反応式を逆に書いた答案が散見されましたが、高い正答率でした。

問 4 解答： (a), (d)

ダニエル電池が放電し外部回路に電流が流れる場合、両方の電極室での電気的中性を維持するために、セパレーターを通るイオンの移動が引き起こされます。図 3 の左側の電極室では、亜鉛が溶解するため、溶液中の Zn^{2+} の濃度が増えます。これに対して、図 3 の右側の電極室では、銅が析出するため、溶液中の Cu^{2+} の濃度が減少します。溶液の電気的中性を維持するために、 Zn^{2+} が左側から右側へ、 SO_4^{2-} が右側から左側へそれぞれセパレーターを通り移動します。解答は(a)と(d)の両方を選んで正解となりますが、片方だけを選んだ答案も意外に多かったです。高い正答率でした。

問 5 解答： (d)

電流は単位時間で流れる電気量であり、電極反応の反応速度に関係します。一方、電極反応の反応速度は電極の表面積に比例しますので、電極面積を増やすと、ダニエル電池に流れる電流も増えます。電池の起電力は、両電極の表面積とは関係しないので、ダニエル電池の起電力は変化しません。あまり高くない正答率でした。

問6 解答：(b)

ダニエル電池のセパレーターを取り外すと、左右両側の電極室の電解質溶液が混ざり合うので、電池としての起電力がなくなります。一方、イオン化傾向の違いにより、銅(II)イオンと亜鉛との間に酸化還元反応が起こります。その際、亜鉛が酸化され溶液に溶け出すと同時に、亜鉛表面に銅が析出します。選択肢中、(b)のみを選んで正解となります。低い正答率でした。

〔Ⅲ〕

問7 (1) 解答：(A) $\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}$ (B) $\text{Ag} \rightarrow \text{Ag}^+ + \text{e}^-$

図4に示される電池はいわゆる濃淡電池です。A側の銀イオン濃度(1mol/L)はB側($x < 1.0\text{mol/L}$)より高いので、A側の平衡電位はB側より高くなります。A側は濃淡電池の正極、B側は濃淡電池の負極となり、正極において還元反応が、負極において酸化反応がそれぞれ進行しますので、電子 e^- を含むイオン反応式は解答のようになります。負極側のBの正答率はAよりもやや低めでした。

(2) 解答：0.12

濃淡電池の起電力は与えられた式に値を代入することによって計算できます。対数計算を間違えた答案が散見されましたが、かなり高い正答率でした。

(3) 解答：0.092

放電にともなって流れた電流に対応して、それぞれの電極室の銀イオンの濃度が変化し、濃淡電池の起電力が低下します。問題では、図4のA側とB側の電極室で用いた AgNO_3 水溶液の体積は同じで、電池放電の前後では、溶液の体積が変化しなかったという実験条件が与えられています。さらに、塩橋を通して移動した銀イオンの量は無視してよいとの説明もあります。これらのことを考慮すると、放電後、B側電極室の銀イオンの濃度が $y\text{ mol/L}$ 増加(A側では銀イオンの濃度が $y\text{ mol/L}$ 減少)とすると、以下の関係式が書けます。

$$0.059 = 0.059 \times \log_{10} \left(\frac{1.0 - y}{0.010 + y} \right)$$

この式を計算すると、 y の値は 0.082 mol/L と得られます。この値を用いて、B側電極室の銀イオンの濃度は $0.010 + 0.082 = 0.092\text{ (mol/L)}$ となります。起こっている現象の理解と計算の正確さを問いました。低い正答率でした。

問 8 (1) 解答 : $[Ag^+] = \frac{K_{sp}}{[Cl^-]}$

塩化物イオンを B 側の電極室に入れることで、B 側水溶液中に溶解度の低い AgCl の沈殿が生じ、B 側水溶液は AgCl の飽和水溶液となり、銀イオンの濃度は溶解度積 K_{sp} と塩化物イオン濃度 $[Cl^-]$ により表すことができます。この(1)の問題は次の(2)の問題への誘導問題であり、高い正答率でした。

(2) 解答 : -9.8

(1)の結果を起電力として与えられている式に代入すれば、溶解度積の常用対数の値の計算ができます。

$$E = 0.059 \log_{10} \frac{[Ag^+]_A}{[Ag^+]_B} = 0.059 \log_{10} \frac{1.0}{K_{sp}/[Cl^-]}$$

起こっている現象と濃淡電池の起電力の式を結びつけることができるかどうかを問いました。最後まで正確に計算できた答えは少なく、低い正答率でした。

大問 2

・ 出題意図

持続可能な社会の実現のためには、自然界およびその人間活動との関係をよく理解するとともに、様々な課題に対して自然界との調和を意識した解決策を柔軟に創出するための広範な知識と考察力（応用力）を身につけることが大切です。〔Ⅰ〕では、地殻、海水および空気の化学的特徴と、空気中の窒素や酸素を原料とする硫酸、アンモニアおよび硝酸の工業的製法を題材に、〔Ⅱ〕では、二酸化炭素の鉱物固定技術への利用により重要性が増しているカルシウムを題材に、様々な形式で広範な知識と考察力（応用力）を問いました。

・ 講評

問1 解答 ア 塩化マグネシウム イ アルゴン

海水と空気の組成に関する穴埋め問題です。正答率は中程度でした。

問2 解答 (a) (b) (d)

地殻中で 2 番目に多い元素であるケイ素などの 14 族元素に関して誤りのある記述を選択する問題です。正答率は中程度でした。

問3 解答 (1) 化学反応式 $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{SO}_3$ 記号 (カ)

(2) 化学反応式 $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$ 記号 (ウ)

(3) 化学反応式 $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \rightarrow 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$ 記号 (オ)

(1)接触法、(2)ハーバー・ボッシュ法および(3)オストワルト法における触媒を用いた反応の化学反応式を記載し、その触媒の主成分を選択する問題です。正答率は中程度でした。

問4 解答 (1) $2\text{NH}_3 + \text{CO}_2 \rightarrow (\text{NH}_2)_2\text{CO} + \text{H}_2\text{O}$

(2) (b) (d)

(1)はアンモニアと二酸化炭素を原料として尿素を工業的に製造する反応の化学反応式を記載する問題です。正答率は中程度でした。(2)はアンモニアに関する正しい記述を選択する問題です。高めの正答率でした。

問5 解答 13

酸素からオゾンが生じる反応に関する計算問題です。密閉容器に封入した窒素と酸素の混合気体中の酸素の何%がオゾンに変化したかは、酸素からオゾンが生じる反応の化学反応式とドルトンの分圧の法則に関する知識があれば難なく求まります。正答率は中程度でした。

問6 解答 (b)

カルシウムなどの 2 族元素とナトリウムなどの 1 族元素に関する正しい記述を選択する問題です。正答率は中程度でした。

問7 解答 化学反応式 $\text{Ca(OH)}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{CaCl(ClO)} \cdot \text{H}_2\text{O}$ 記号 (ウ)

水酸化カルシウム(問題文中では物質 A)と塩素から、さらし粉(問題文中では物質 D)が生じる反応の化学反応式を記載し、さらし粉の用途を選択する問題です。正答率は中程度でした。

問8 解答 (1) $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + 2\text{CaSO}_4$
(2) $\alpha -4.5 \quad \beta -0.13 \quad \gamma -5.3$

(1)はリン酸カルシウムと硫酸からリン酸二水素カルシウムと硫酸カルシウム(問題文中では物質 E)の混合物、すなわち過リン酸石灰(肥料に用いられる)を得る反応の化学反応式を記載する問題です。正答率は中程度でした。(2)は過リン酸石灰を肥料として用いた際に水中に供給されるリン酸イオン種の存在割合に関する計算問題です。電離定数の定義式を理解していれば、解法にすぐ気づくはずですが、10のべき乗を用いた計算過程でミスが発生しやすいので注意が必要です。正答率は中程度でした。

問9 解答 $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightleftharpoons \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$

鍾乳洞(鍾乳石のある洞窟)を形成する反応の化学反応式を記入する問題です。石灰岩の主成分が炭酸カルシウム(問題文中では物質 B)であることと、鍾乳洞の形成には炭酸カルシウムが溶解する反応と析出する反応の両方が関与していることを理解している必要があります。正答率は中程度でした。

問10 解答 (1) ① 1.5×10^{-3} ② 3.5×10^{-3} ③ 5.0×10^{-3}
(2) 0.33

炭酸カルシウム(問題文中では物質 B)、塩化カルシウム(問題文中では物質 C)、酸化カルシウムおよび炭化カルシウムからなる固体混合物中の各カルシウム化合物の含有量の実験的な決定に関する計算問題です。(1)は固体混合物に含まれていた①炭酸カルシウム、②酸化カルシウムおよび③炭化カルシウムの物質量[mol]をそれぞれ求める問題です。①と③の解答は、実験1および実験2で発生した気体がそれぞれ炭化カルシウムと水が反応して生じたアセチレンおよび炭酸カルシウムと塩酸が反応して生じた二酸化炭素であることに気づけば、難なく求められます。一方、②は、実験1において酸化カルシウムと水の反応により生じた水酸化カルシウムの物質量から求められますが、計算過程では、炭化カルシウムと水との反応で生じた水酸化カルシウムの物質量も考慮する必要があり、この点を見落としやすいので注意しなければなりません。低めの正答率でした。(2)は固体混合物に含まれていた塩化カルシウムの質量[g]を求める問題です。(1)の解答に基づいて、炭酸カルシウム、酸化カルシウムおよび炭化カルシウムの質量を求め、その合計の質量を固体混合物の質量から引くことで求められます。(1)が低めの正答率でしたので、(2)も低めの正答率でした。

大問 3

出題意図

〔I〕では、有機化合物の構造決定に関する問題を取りあげ、芳香族化合物クメンと環状構造を持つ不飽和カルボン酸について、官能基の性質や反応様式の理解をもとに、与えられた複数の情報から正解を論理的に導き、化学構造を正確に記入することを問いました。

〔II〕では陽イオン交換樹脂によるアミノ酸の分離を題材とし、ペプチドの構造推定やアミノ酸の酸塩基特性に関する思考力や理解を問いました。

講評

〔I〕

問 1 解答： $C_9H_{12}O$

実験 3 の燃焼に関する記述と分子量の制限から、化合物 B の分子式を導き出す問題です。高い正答率でした。

問 2 解答：問 10 の後に示しています。

化合物 B について、芳香族化合物であり(実験 1)、不斉炭素原子を持たず(実験 1)、第三級アルコールの構造を持つ(実験 2)と記述されています。問 1 より、化合物 B の分子式は $C_9H_{12}O$ であることから、化合物 B の構造を導くことができます。実験 4 に化合物 B を濃硫酸と加熱すると、化合物 D が得られると記述されており、化合物 B の脱水反応により化合物 D が得られると読み取れます。いずれも高い正答率でした。

問 3 解答：(1) クメン

化合物 D の水素付加反応により化合物 E のクメンが得られます。高い正答率でした。

解答：(2) 問 10 の後に示しています。

クメン法に関する化学反応式です。高い正答率でした。

解答：(3) 問 10 の後に示しています。

クメンヒドロペルオキシドに希硫酸を作用させ、フェノールとアセトンが生成する反応です。高い正答率でした。

問 4 解答：問 10 の後に示しています。

化合物 C については、(1)シクロペンタン構造を持つこと(実験 1)、(2) 第三級アルコール構造を持ち、不斉炭素原子は持たないこと(実験 2)、(3)炭酸水素ナトリウムと反応して CO_2 を発生し、水素付加反応により分子量が 4.0 増加したこと(実験 5)から、化合物 C はカルボキシ基を持ち、二重結合を二つもしくは三重結合を一つ持つと考えられること、および(4)分子内縮合反応が起こり化合物 J となること(実験 6)、という情報が与えられてい

ます。さらに、化合物 **A** の分子式が $C_{17}H_{20}O_3$ と与えられていることから、化合物 **C** の分子式は $C_8H_{10}O_3$ となります。以上のことから化合物 **C** の構造が一義的に決定されず、低い正答率でした。

問 5 解答：問 10 の後に示しています。

化合物 **I** はヒドロキシ基とカルボキシ基を有し、分子内縮合反応により環状エステルである化合物 **J** を生成します。問 4 を間違えても問 5 で正解するというケースがありました。低い正答率でした。

〔II〕

問 6 解答：a

陽イオン交換樹脂を用いたアミノ酸の分離について、等電点とアミノ酸の状態に関して問いました。高い正答率でした。

問 7 解答：N チロシン P リシン

分子式 $C_{15}H_{23}N_3O_4$ のペプチド **L** がアミノ酸 **N** と **P** からなり、実験 10 よりアミノ酸 **P** は pH10~11 の緩衝液で溶出したことから、アミノ酸 **P** は表 1 より塩基性アミノ酸であるリシンとわかります。リシンの炭素数が 6 であり、アミノ酸 **N** は炭素数 9 であること、実験 11 のキサントプロテイン反応により呈色を示すことからフェニルアラニンとチロシンが候補となります。酸素数を考慮するとアミノ酸はチロシンであることがわかります。アミノ酸 **N** をフェニルアラニンとした解答が散見されました。やや高めの正答率でした。

問 8 解答：M グルタミン酸 O メチオニン

実験 10 よりアミノ酸 **M** は酸性アミノ酸であること、さらに、実験 12 よりアミノ酸 **O** は硫黄を含むアミノ酸であることが読み取れます。ペプチド **K** とアミノ酸 **N** の分子式からアミノ酸 **M** とアミノ酸 **O** の総炭素数は 10 と決まり、アミノ酸 **M** がグルタミン酸、アミノ酸 **O** がメチオニンであることがわかります。アミノ酸 **M** をアスパラギン酸とした解答が散見されました。やや高めの正答率でした。

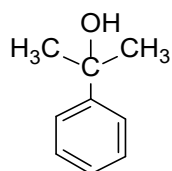
問 9 解答：問 10 の後に示しています。

化合物 **Q** は、グルタミン酸の分子内縮合により生成する環状アミドとなります。不斉炭素原子を示す * がない解答が散見されました。低い正答率でした。

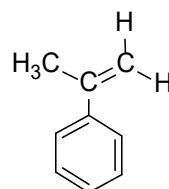
問10 解答：(1) 6.0 (2) I (c), (d), II (d), III (b)

アミノ酸の水溶液中の状態に対する理解を問いました。(1)と(2)II, III は高い正答率でした。(2)I は低い正答率でした。

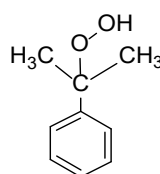
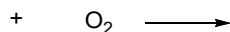
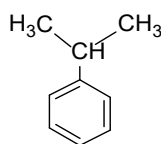
問2 B



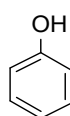
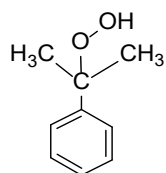
D



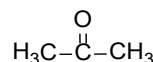
問3(2)



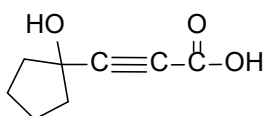
問3(3)



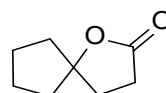
+



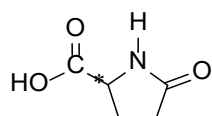
問4



問5



問9



○志願者へのメッセージ

本学の化学の出題は 3 題からなり、いずれも幅広い分野に対する知識・理解を問う内容となっています。化学の醍醐味の一つは、物質が示す性質や反応の多様性です。同じ族や周期に属する元素でも、全く異なる性質を示すことがあります。様々な性質の存在は、受験生のみなさんにとっては、理解したり覚えたりする上で面倒なことであるかもしれません。化学は単なる暗記だけでなく、理論と実践を結びつけ、問題解決能力を養うことが求められます。解答用紙の中には、一部、判読の難しい文字からなる答案や、筆算が書かれた答案も見受けられました。相手に自分の考えが伝わるよう、普段から、ものごとを論理的かつ端的に説明できるよう習慣づけてみてください。学習する際には、基本概念を正確に理解し、演習問題や実験を通じて知識を定着させることを意識してみてください。そして何より、興味を持って取り組むことが大切です。

理科の試験では、同じ時間帯に 2 科目を解答することが求められています。大問 3 では有機化学を主に取り扱っており、最初はよく解答されているのに途中から白紙のものが散見されました。化学の大問 3 問中、最後の問題に設定されており、時間が足りなかったのではと思われます。時間配分に気をつけて問題に取り組むようにしてください。有機化学では構造式を書く問題が多く出されます。どの原子とどの原子が結合しているのか不明確な解答や水素原子の数が 2 とも 3 とも読み取れる解答が散見されました。カルボキシ基やカルボニル基、さらにはアミノ基やヒドロキシ基のような官能基を構造式に含む場合、どの原子とどの原子が結合しているのかを意識し、実際に手を動かして、数字を含め正確に構造式を書く習慣をつけてください。さらに、高分子化合物の場合、重合度やカッコ書きなど低分子化合物と異なる書き方が要求されます。

身の回りを見渡すと、たくさんの高分子化合物が見つかります。日頃の生活に見られる高分子化合物と構造式を結びつけるなど、単なる暗記ではなく、たえず「なぜ？何が起きているの？」と皆さんの好奇心を自身で掻き立ててください。大学入学後、化学反応がどのように進むのか、なぜこの化合物が使われているのか、など化学の面白さ、素晴らしさを感じることができる感覚を養ってください。

化学は私たちの日常生活に密接に関わり、健康、環境、技術革新など多くの面で重要な役割を果たしています。安全・安心で持続可能な社会の構築において、重要性はますます高まっています。化学の世界の歴史をひもとくと、わずかな違いを見逃さなかったことが新元素や新物質につながった例がたくさんあります。先端科学としての化学や関連する学術分野には、未知の事柄が多く残されています。皆さんの中から、本学での学びを通して鋭い観察眼と洞察力を養い、将来、新しい研究領域の開拓者が出てくることを期待しています。化学の知識は未来への貴重な資産となり、世界をよりよい方向に変える力を持っています。日々の活動の中で生命の貴さを意識し、生命の神秘的で絶え間ない変化に化学を学ぶことの意義を見出すことができれば、よりよく学ぶことができるでしょう。