

滋賀医科大学
令和 7 年度
医学科一般選抜(前期日程)

問題冊子

理 科

物 理	1 ページ～ 8 ページ
化 学	9 ページ～14ページ
生 物	15ページ～24ページ

(注 意)

1. 問題冊子は試験開始の合図があるまで開かないこと。
2. 問題冊子は表紙のほか 24 ページである。
3. 試験中に問題冊子及び解答用紙の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせること。
4. 問題は物理、化学、生物のうち 2 科目を選択し、選択した科目の解答用紙のすべてに受験番号及び氏名をはっきり記入すること。
5. 解答はすべて解答用紙の所定の解答欄に明瞭に記入すること。
6. 解答に関係のないことを書いた答案は、無効にすることがある。
7. 選択しない科目の解答用紙は、試験開始 120 分後に監督者が回収するので、大きく×印をして机の左側に置くこと。
8. 本学受験票を机の通路側に出しておくこと。
9. 試験時間は 150 分である。
10. 問題冊子は持ち帰ってもよいが、解答用紙は持ち帰らないこと。

化 学 (3 問題)

I 問 1 および問 2 の文章を読み、以下の問に答えよ。なお、原子量は水素 1.0、炭素 12、窒素 14、酸素 16、ナトリウム 23、マグネシウム 24、塩素 35.5、カルシウム 40 とする。(配点 34)

問 1 滋賀県は琵琶湖の周りを山々が取り囲んだ地形をしており、鈴鹿山脈の北端に位置する霊仙山(りょうぜんざん)のカルスト地帯に「河内風穴(かわちのかざあな)」とよばれる関西でも有数の鍾乳洞がある。鍾乳洞は、二酸化炭素を含む地下水により石灰岩の主成分が溶け、地下に空洞が生じることで形成される。また、その主成分が溶けた水溶液から二酸化炭素が放出され、再び石灰岩の主成分が白色固体として析出して鍾乳石ができる。

(1) 下線部(ア)の反応を化学反応式で記せ。

(2) カルシウムの化合物に関して、次の(a)~(c)の操作で起こる反応を、それぞれ化学反応式で記せ。

- (a) 炭酸カルシウムを強熱する。
- (b) 炭化カルシウムに水を加える。
- (c) 生石灰に水を加える。

(3) 石灰石に希塩酸を加えると二酸化炭素を発生して溶けるが、希硫酸を加えても二酸化炭素はほとんど発生しない。その理由を考えて説明せよ。

(4) 石灰岩には主成分のほかに微量の金属元素が含まれている。以下の(あ)~(か)の性質を示す金属元素 A, B, C, D, E を下の候補群から選んで元素記号で答えよ。

候補群：ナトリウム、カリウム、マグネシウム、鉄、マンガン、アルミニウム、銅、亜鉛

- (あ) A~D のイオンをそれぞれ含む水溶液に少量のアンモニア水を加えると沈殿が生じる。
- (い) B の単体と C の単体は塩酸とも水酸化ナトリウム水溶液とも反応して水素を発生する。
- (う) A のイオンを含む水溶液と C のイオンを含む水溶液に多量のアンモニア水を加えると、それぞれ深青色と無色の溶液になる。
- (え) B の単体と D の酸化物を混合して点火すると、激しく反応して D の単体が生じる。
- (お) C の硫化物と E の硫化物は、それぞれ白色と淡桃色である。
- (か) E の酸化物は、過酸化水素から酸素が発生する反応の触媒になる。

(5) E が最高酸化数となるオキソ酸イオンを含んだ赤紫色の水溶液は強い酸化作用を示し、塩基性条件下で反応すると沈殿が生じる。(a) この沈殿の色を答えよ。また、この反応において(b) E の酸化剤としてののはたらきを、電子 e^- とイオンを含む反応式で答えよ。

問 2 鍾乳洞内の水はカルシウムイオン Ca^{2+} やマグネシウムイオン Mg^{2+} を多く含んでいる。これらの 2 価の金属イオン M^{2+} がすべて Ca^{2+} であると仮定して、滴定により求めた M^{2+} のモル濃度を炭酸カルシウム CaCO_3 の濃度 (mg/L) に換算した数値を「水の硬度」という。 M^{2+} の滴定にはエチレンジアミン四酢酸 (EDTA) と指示薬が用いられる。EDTA は M^{2+} と 1 : 1 の物質量の比で極めて安定な錯体 (M^{2+} -EDTA) を形成する。

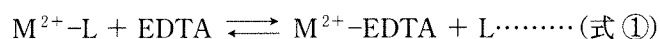
(6) 下線部 (イ) について、硬水 (硬度の高い水) ではセッケンが泡立ちにくい理由を簡潔に答えよ。

(7) 鍾乳洞内で採取した試料水 50.0 mL をとり、アンモニア水と塩化アンモニウム水溶液を用いて pH 10 に調整して試料溶液とした。この試料溶液を 0.0100 mol/L EDTA 水溶液を用いて滴定したところ、5.96 mL を要した。採取した試料水の硬度を求めよ。単位 (mg/L) をつけ、整数値で答えよ。なお試料水に含まれる金属イオンは Ca^{2+} と Mg^{2+} のみとする。

(8) (7) の滴定実験において、アンモニア水と塩化アンモニウム水溶液の代わりに水酸化ナトリウム水溶液を加えて Mg^{2+} を沈殿させたのち滴定をした場合には 5.24 mL の 0.0100 mol/L EDTA 水溶液を要した。このとき沈殿した水酸化マグネシウムの質量 (mg) を求めよ。ただし、試料水中のすべての Mg^{2+} が水酸化マグネシウムとして沈殿するものとする。単位 (mg) をつけ、有効数字 2 桁で答えよ。

(9) 鍾乳洞内で採取した試料水 50.0 mL を煮沸した後、(7) と同様に pH 10 の試料溶液にしたところ、滴定に要する 0.0100 mol/L EDTA 水溶液の量が (7) の場合よりも少なくなった。この理由として考えられることをカルシウムに関する化学反応式を用いて説明せよ。

(10) EDTA を用いた M^{2+} の滴定に用いる指示薬 L は、 M^{2+} と 1 : 1 の物質量の比で安定な錯体 (M^{2+} -L) を形成し、L は青色、錯体 (M^{2+} -L) は赤色を示す。試料水に指示薬を少量加えて EDTA で滴定を行うと、式 ① の反応により溶液の色が変化する。



$\alpha = [\text{L}] / [\text{M}^{2+}\text{-L}]$ とすると、 $\alpha < 0.1$ のとき溶液は赤色、 $\alpha > 10$ のときは青色になる。両方の色が同時に現れる $0.1 \leq \alpha \leq 10$ の範囲が指示薬 L の変色域であり、金属イオン濃度指数 pM の範囲で表される。pH 10 における錯体 (M^{2+} -L) の安定度定数 K が $10^{5.5} \text{ mol}^{-1} \text{ L}$ であるときの、指示薬 L の変色域 ($\text{pM1} \leq \text{pM} \leq \text{pM2}$) の (a) pM1 および (b) pM2 を、それぞれ小数第 1 位まで答えよ。ただし、 $\text{pM} = -\log_{10} [\text{M}^{2+}]$ 、 $K = [\text{M}^{2+}\text{-L}] / ([\text{M}^{2+}][\text{L}])$ とする。

Ⅱ 問1～問3の文章を読み、以下の問に答えよ。必要ならば、アボガドロ定数

$N_A = 6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$ 、原子量として水素 1.0、炭素 12、窒素 14、酸素 16、塩素 35.5 を用いよ。

また、図1(次頁)に二酸化炭素の状態図の概要を示す。(配点 33)

問1 コーヒーや茶の興奮作用の活性成分であるカフェインは、化学式 $\text{C}_8\text{H}_{10}\text{N}_4\text{O}_2$ (分子量 194) で表される有機化合物である。常温常圧下において固体となる水溶性の化合物で、特に熱水にはよく溶ける。カフェインの結晶は水和水を含んだ分子結晶であり、通常は、カフェイン1分子あたり1分子の水和水を含んだ、1水合物の状態になっている。カフェインの無水物 ($\text{C}_8\text{H}_{10}\text{N}_4\text{O}_2$) と1水合物 ($\text{C}_8\text{H}_{10}\text{N}_4\text{O}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) は医薬品としても利用されている。

- (1) 下線部(ア)について、結晶の種類を分子結晶以外に3つ挙げ、それぞれ名称を答えよ。
- (2) カフェイン1水合物の結晶の密度はいくらか。単位 (g/cm^3) を付け、有効数字2桁で答えよ。ただし、カフェイン1水合物の結晶における単位格子の体積は $9.8 \times 10^{-22} \text{ cm}^3$ であり、単位格子あたり4分子のカフェインと4分子の水を含むものとする。
- (3) 80°C で調製したカフェインの飽和水溶液 590 g を 20°C に冷却したとき、析出するカフェイン1水合物の結晶は何 g か。カフェインはすべて1水合物として析出するものとし、単位 (g) を付け、有効数字3桁で答えよ。なお、 80°C および 20°C の水に対するカフェインの溶解度 ($\text{g}/100 \text{ g 水}$) は、それぞれ 18 および 2.0 とする。

問2 近年、カフェインを控えたい人のために、カフェインを除去したコーヒーや茶が販売されている。カフェインが水だけでなく、ジクロロメタンやトリクロロメタン(クロロホルム)などの有機溶媒に溶解する性質を利用して、原料(生のコーヒー豆や茶葉)の段階で、あらかじめカフェインを抽出し除去する方法で製造される。特にジクロロメタンは、カフェインの溶解度が大きいことと、処理後に原料から除去しやすいことから、海外で主に利用されている。

- (4) ジクロロメタンは(a)極性分子と(b)無極性分子のどちらか、記号で答えよ。また、その答えになる理由を分子構造と関連付けて簡潔に説明せよ。
- (5) ジクロロメタンと塩素からトリクロロメタンを生成する光化学反応の化学反応式を答えよ。
- (6) 下線部(イ)について、ジクロロメタンがトリクロロメタンよりも、処理後に原料から除去しやすい理由を考えて簡潔に答えよ。

- (7) 不純物を含むカフェイン無水物 250 mg に濃硫酸と触媒を加えて加熱し、窒素原子のすべてを硫酸アンモニウムとした。これに十分量の水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱し、溶液中のアンモニウムイオンをすべて気体のアンモニアとして発生させた。発生したアンモニアをすべて 0.20 mol/L 希硫酸 20 mL に吸収させた後、その溶液を 0.10 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液で滴定したところ、過不足なく中和するのに 30 mL を要した。もとのカフェイン無水物の純度(質量百分率)を有効数字 2 桁で答えよ。ただし、不純物中に窒素原子は存在しないものとする。

問 3 コーヒーや茶からカフェインを除去する方法として

て、気体とも液体とも区別のつかない状態の二酸化炭素を用いて、カフェインを選択的に抽出して除去する方法が実用化されている。この方法は、処理後の原料と二酸化炭素を分離することが容易であり、用いた二酸化炭素は回収して再利用される。

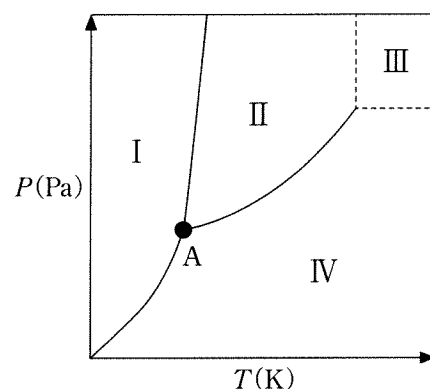


図 1 二酸化炭素の状態図(概要)

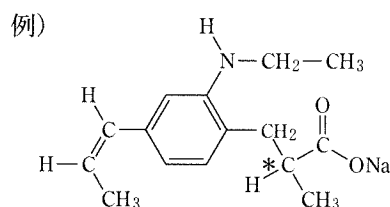
- (8) 下線部(ウ)の状態にある物質全般を何とよぶか、名称を答えよ。
- (9) 図 1 において、二酸化炭素が下線部(ウ)の状態になる領域はどこか、I ~ IV から選んで記号で答えよ。
- (10) 点 A において、二酸化炭素はどのような状態で存在するか、20 字程度で答えよ。
- (11) 下線部(エ)について、下線部(ウ)の状態の二酸化炭素を、温度を一定に保ったまま、圧力を大気圧(1.013×10^5 Pa)に変化させて、処理後の原料から分離した。このときの二酸化炭素の状態変化について、この過程でみられる二酸化炭素の状態をすべて挙げて、簡潔に説明せよ。
- (12) 水の状態図の概要を図 1 と同じように表すとき、(a) 曲線の概形において、図 1 と異なる特徴は何か。また、(b) 大気圧との関係において、図 1 と異なる特徴は何か。それぞれ下記 (a)、(b) の語群から、いずれか 1 つの語句を用いて簡潔に答えよ。

語群：(a) 昇華圧曲線，融解曲線，蒸気圧曲線
(b) 三重点，臨界点

Ⅲ 問 1 および問 2 の文章を読み、以下の問に答えよ。なお、原子量は水素 1.0、炭素 12、窒素 14、酸素 16 とし、構造式は例にならって書け。(配点 33)

問 1 化合物 A はアミド結合($-\text{NH}-\text{CO}-$)を 2 つもつ、炭素、

水素、窒素、酸素からなる芳香族化合物である。化合物 A の 2 つのアミド結合を加水分解すると化合物 B, C, D が得られる。



- 化合物 A の分子量は 300 である。
- 化合物 A ~ D は、いずれも窒素—窒素、窒素—酸素、酸素—酸素間の結合をもたない。
- 化合物 B は、フェノールをニトロ化し、さらにニトロ基を還元することによって得られる、フェノールの一置換体である。
- 化合物 B のベンゼン環の水素原子 1 つを臭素原子に置き換えた化合物としては 2 つの異性体 ^(ア) がある。
- 化合物 C は、化合物 E を酸化することによって得られる芳香族化合物である。
- 化合物 E は炭素、水素、酸素からなるベンゼンのオルト二置換体であり、その分子量は化合物 C の分子量よりも 30 小さい。

- 下線部 (ア) について、これら 2 つの異性体の構造式を記せ。
- 化合物 E 5.4 mg を完全燃焼させたところ、二酸化炭素が 15.4 mg、水が 3.6 mg 得られた。化合物 E の組成式を求めよ。
- 化合物 E の分子量はいくらか、整数値で答えよ。また、その根拠について説明せよ。
- 化合物 C の構造式を記せ。
- 化合物 D の分子量はいくらか、整数値で答えよ。
- 化合物 D が有しているカルボキシ基の数を x 、アミノ基の数を y とする。 x , y をそれぞれ求めよ。また、その根拠について説明せよ。
- 化合物 D として可能性のある構造式をすべて示せ。もし、不斉炭素原子がある場合にはその不斉炭素原子に * をつけよ。

問 2 化合物 F, G, H は、それぞれ図 1 に示す構造をもつフェノール類である。化合物 F, G, H を有機溶媒に溶解した混合溶液から、分液ろうとを用いてこれらの 3 種類の化合物をそれぞれ分離することを考える。以下の問に答えよ。

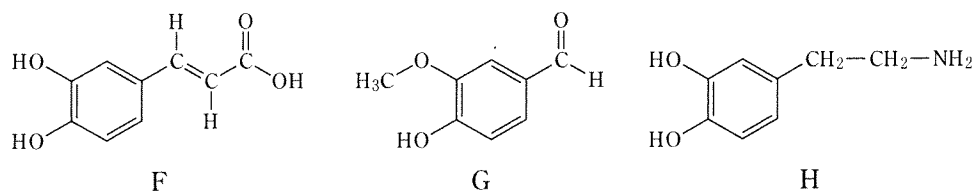


図 1

- (8) 下線部 (イ) の混合溶液から化合物 F, G, H を分液操作によって分離する手順を、図 2 に示すような流れ図で示せ。なお、使用できる試薬は、希塩酸、希水酸化ナトリウム水溶液、および炭酸水素ナトリウム水溶液のみとし、最初の分液操作に用いる試薬は希塩酸とする。また、分離した化合物が塩の場合は、試薬を用いて遊離するところまで流れ図に含めることとする。ただし、途中の水層、有機層に分離される化合物を書く必要はない。

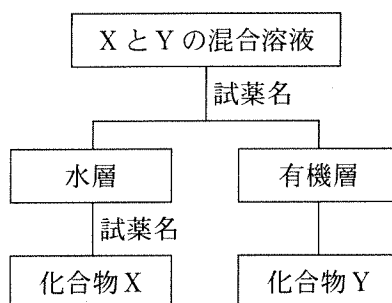


図 2 流れ図の例

- (9) 下線部 (イ) の混合溶液に用いる有機溶媒としてメタノールやアセトンを使用できない理由を簡潔に説明せよ。
- (10) 分液ろうとの操作に関して注意すべき点を 3 つ挙げ、それぞれ簡潔に答えよ。