

# 平成31年度入学試験問題（後期日程）

## 化 学

### 出題意図及び正答

#### 問題 1

#### 出題意図

蒸気圧降下に関する理解度（設問(1)）や電気分解に関する理解度（設問(2)）を問うた。理解度を評価するため、蒸気圧降下については、沸点が上昇する現象の論理的説明、および沸点上昇度から質量モル濃度を求める計算力を試した。電気分解については、イオン交換膜を用いた水酸化ナトリウムの製造について基礎的な理解度を問うとともに、電気分解で流れる電気量と変化する物質の量の関係について計算する力を試した。

#### 正答

(1)	(a)	略	
	(b)	(イ) > (ア) > (ウ)	
	(c)	沸点上昇度： <u>0.15</u> K 計算過程：略 濃度： <u>9.0</u> %	
(2)	(a)	陽極： $2\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2\text{e}^-$	
		陰極： $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$	
	(b)	通過するイオン： ナトリウムイオン (or $\text{Na}^+$ )	通過の向き： $\text{C}_1 \rightarrow \text{C}_2$
	(c)	取り出し口 $\text{D}_1$ ： 低濃度の（薄い）塩化ナトリウム水溶液 取り出し口 $\text{D}_2$ ： 水酸化ナトリウム水溶液	
(d)	計算過程： 略 時間： <u>965</u> 秒間		

※記述問題の正答例は開示していません

## 問題 2

### 出題意図

「物質の変化と平衡」分野から、反応速度を考える際によく扱われる過酸化水素の分解反応を題材として、反応速度について問うた。基本的な反応式(設問(1))、計算問題(設問(2))に加え、作図問題(設問(3))や記述問題(設問(5)、(6))を含めることで、現象について正しく理解できているかどうかを確かめた。設問(4)のみ「物質の状態と平衡」分野の、混合気体の分圧の取扱いについて問うた。

### 正答

(1)	$2\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$	
(2)	酸素の生成速度： $1.3 \times 10^{-5} \text{ mol/s}$ 時間による変化：略	
(3)		(4)
		計算過程：略  体積： $0.16 \text{ L} (= 1.6 \times 10^2 \text{ mL})$
(5)	適切なグラフ： <u> ㉑ </u> 理由：略	
(6)	略	

※記述問題の正答例は開示していません

### 問題 3

#### 出題意図

アルコールと関連化合物について、官能基の名称と性質、反応により生じる有機化合物の名称、反応名と反応機構を問題とし（設問(1)～(3)）、有機化合物についての基本的な知識が修得できているかを問うた。また油脂のけん化を題材とし、分子量、標準状態における気体の体積に対する理解を問いながら、有機化合物の構造を論理的に決定できるかどうか（設問(4)～(5)）を試した。また、塩の水溶液中での性質に対する理解を測るため、身近なセッケンの性質（設問(6)）を問うた。

#### 正答

(1)	ア：ヒドロキシ（水酸）	イ：アセトアルデヒド	ウ：カルボキシ(ル)
	エ：酢酸エチル	オ：ジエチルエーテル	カ：無水酢酸
	キ：置換	ク：付加	
(2)	$\text{H}_3\text{C}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH} + \text{H}^{18}\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \longrightarrow \text{H}_3\text{C}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-^{18}\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 + \text{H}_2\text{O}$		
(3)	略		
(4)	計算過程：略	油脂 A の分子量： <u>886</u>	
(5)	(a)	計算過程：略	炭素原子間二重結合の数： <u>2</u>
	(b)	計算過程：略	脂肪酸 1 分子の炭素原子数： <u>18</u>
(6)	略		

※記述問題の正答例は開示していません

## 問題 4

### 出題意図

高分子化合物の性質や反応の理解度（設問(1)～(2)）と人間生活に広く利用されるイオン交換樹脂やゴムに関する理解度を問うた（設問(3)～(7)）。理解度を評価するため、基礎的な用語を問うとともに、特にゴムについては、化学構造的な観点からその性質を理解しているかどうかを試した。

### 正答

(1)	ア：ビニル	イ：酢酸ビニル
	ウ：ポリビニルアルコール	エ：スチレン
	オ：陽イオン	カ：水素イオン（H <sup>+</sup> 、プロトン）
	キ：陰イオン	ク：イソプレン（2-メチル-1,3-ブタジエン）
	ケ：シス	コ：硫黄
	サ：架橋	
(2)	熱可塑性樹脂	
(3)	pH 4.0 でカラムに吸着するアミノ酸：グリシン， リシン	
	pH 8.0 でカラムから溶出するアミノ酸：グリシン	
(4)	略	
(5)	$n \text{ CH}_2 = \text{CH} - \text{CH} = \text{CH}_2 \longrightarrow \left[ \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_2 \right]_n$	
(6)	計算過程：略 1,3-ブタジエンの物質質量： <u>1.9</u> mol	
(7)	略	

※記述問題の正答例は開示していません

## 平成31年度入学試験問題

## 化学

## 注意事項

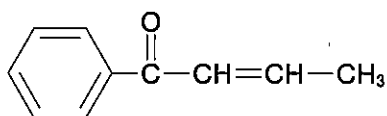
1. この問題冊子は、試験開始の合図があるまで開いてはいけません。
2. 解答用紙は問題冊子とは別になっています。解答はすべての解答用紙の指定されたところに記入しなさい。それ以外の場所に記入された解答は、採点の対象となりません。解答用紙は4枚あります。
3. 本学の受験番号をすべての解答用紙の指定されたところへ正しく記入しなさい。氏名を書いてはいけません。
4. この問題冊子は、表紙を含めて12ページあります。問題は4ページから11ページにあります。ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、監督者に申し出なさい。
5. 問題冊子の余白等は適宜利用しても構いませんが、どのページも切り離してはいけません。
6. この問題冊子は持ち帰りなさい。

問題の解答に必要なならば、以下の数値を用いなさい。

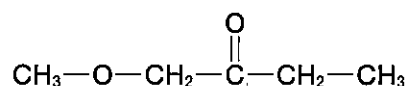
原子量 H : 1.00 C : 12.0 N : 14.0 O : 16.0

化合物の構造式を答える場合には、記述例にならって書きなさい。

(記述例)



または



気体定数：  $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$

ファラデー定数：  $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

1 以下の設問(1)と(2)に答えよ。

(1) 不揮発性の溶質を溶かした希薄溶液の沸点は、純溶媒の沸点よりも高くなる。この現象を沸点上昇という。以下の問(a)~(c)に答えよ。

(a) この現象が起こる理由を、次の4つの用語を全て用いて100字以内で説明せよ。

「溶質分子」、「溶媒分子」、「蒸気圧降下」、「大気圧」

(b) 次の水溶液を沸点の高い順に並べよ。ただし、電解質は完全に電離するものとする。

(解答例：(カ) > (キ) > (ク))

(ア) 0.18 mol/kg のグルコース

(イ) 0.10 mol/kg の硝酸カリウム

(ウ) 0.05 mol/kg の硫酸ナトリウム

(c) ある濃度のスクロース水溶液の蒸気圧を測定したところ、図1のような結果となった。このときの沸点上昇度は何 K か、図1から小数第2位まで読み取れ。また、このスクロース水溶液の質量パーセント濃度は何%か、計算過程を示して、有効数字2桁で答えよ。ただし、水のモル沸点上昇を  $0.52 \text{ K} \cdot \text{kg/mol}$  とせよ。なお、スクロースの分子式は、 $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$  である。

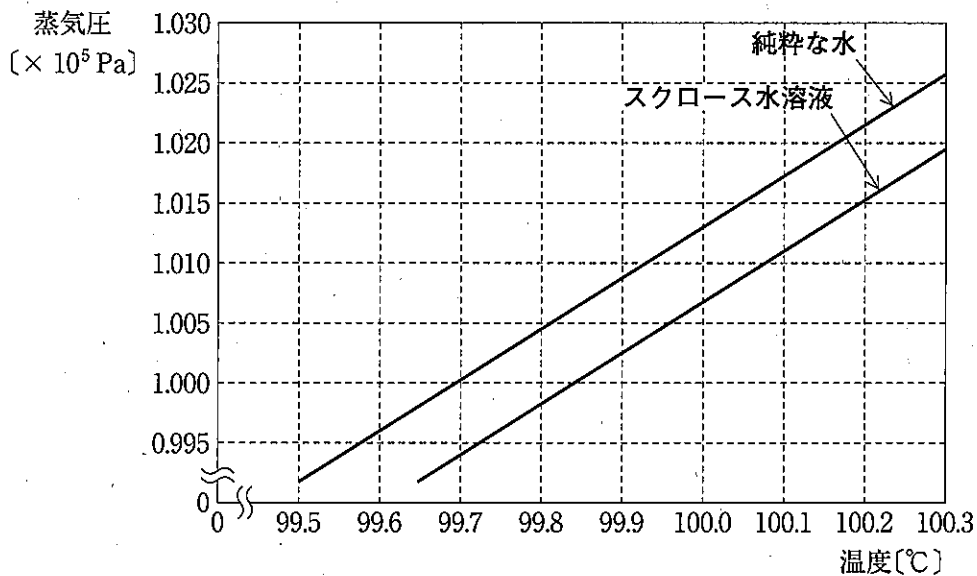


図1 水とスクロース水溶液の蒸気圧曲線

(2) 水酸化ナトリウムは、塩化ナトリウム水溶液の電気分解で製造される。図2に装置の概略図を示す。陽極に黒鉛、陰極に鉄を用い、両極間を陽イオン交換膜で仕切って電気分解する。以下の問(a)~(d)に答えよ。

- (a) 陽極と陰極で起こる反応を、電子を含むイオン反応式で示せ。
- (b) 電気分解しているときに、陽イオン交換膜を通過するイオンは何か答えよ。また、通過する向きは、電解槽「 $C_1 \rightarrow C_2$ 」または、「 $C_2 \rightarrow C_1$ 」のどちらか答えよ。
- (c) 十分な時間をかけて電気分解した後に、取り出し口  $D_1$  と  $D_2$  から取り出した電解液は、それぞれ何か答えよ。
- (d) 3.00 A の電流で電気分解したところ、水酸化ナトリウムが  $3.00 \times 10^{-2}$  mol 生成した。電流を流した時間は何秒間か、計算過程を示して、有効数字3桁で答えよ。

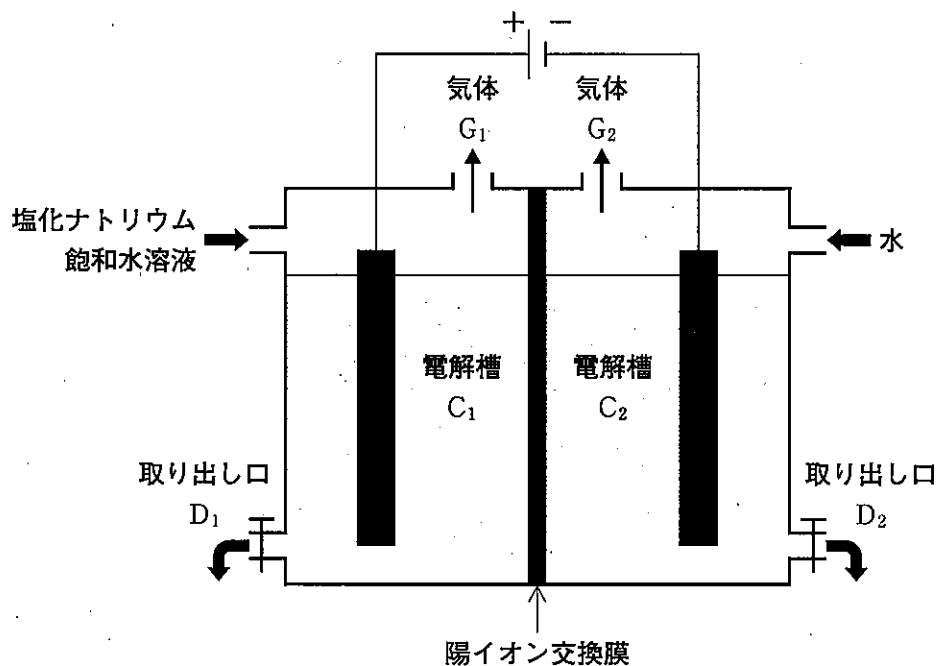


図2 イオン交換膜法による水酸化ナトリウムの製造

2 次の文章を読み、設問(1)~(6)に答えよ。

図1のような実験装置を用いて、1.20 mol/Lの過酸化水素水 20 mLを少量の酸化マンガン(IV)粉末へ加え、過酸化水素を分解させて酸素を生成させた。メスシリンダーを用いて生成した酸素の体積を測定し、その物質量を調べたところ図2のグラフが得られた。ビーカー、水槽の水温は27℃で一定に保たれていたものとする。

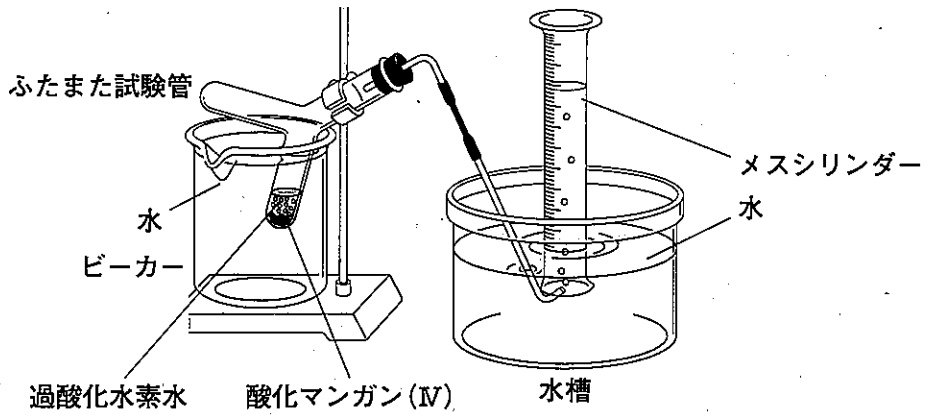


図1 実験装置図

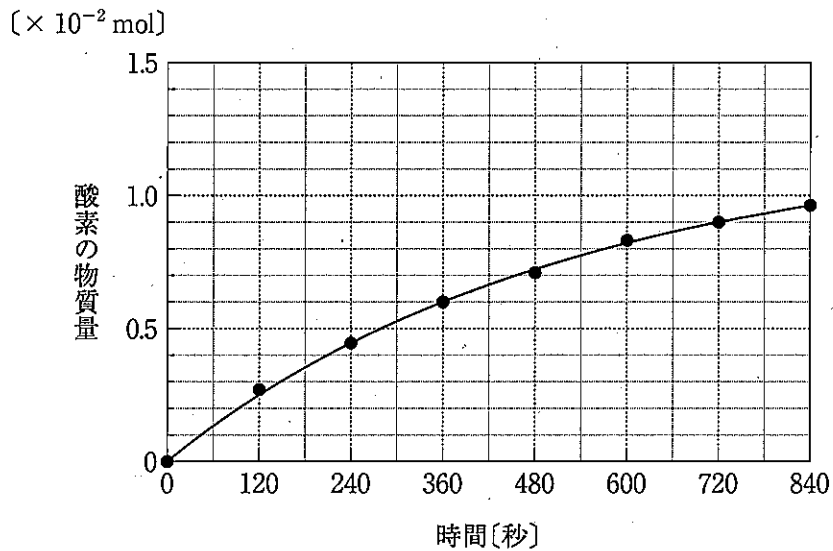


図2 生成した酸素の物質量の時間変化



- (1) 過酸化水素の分解反応の化学反応式を示せ。
- (2) 時間 240 秒から 360 秒の間の酸素の平均の生成速度を求め、単位とともに答えよ。また、この反応の反応速度は時間とともにどのように変化したか、20 字以内で説明せよ。
- (3) 過酸化水素水の濃度の時間変化のグラフを作成せよ。過酸化水素が分解しても溶液の体積は変わらなかったものとする。
- (4) 反応開始から 360 秒後のメスシリンダー内の気体の体積はいくらになるか、計算過程を示して、有効数字 3 桁で答えよ。ただし、メスシリンダー内の気体の圧力を  $1.000 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、 $27^\circ\text{C}$  の水の飽和蒸気圧を  $3.60 \times 10^3 \text{ Pa}$  とする。
- (5) ビーカーの水温を上げて実験をすると、生成する酸素の物質量のグラフは図 2 と比較してどのように変化すると考えられるか、次の図 3 中の①～③の中から適切なものを選び、記号で答えよ。その選んだ理由について 100 字以内で説明せよ。

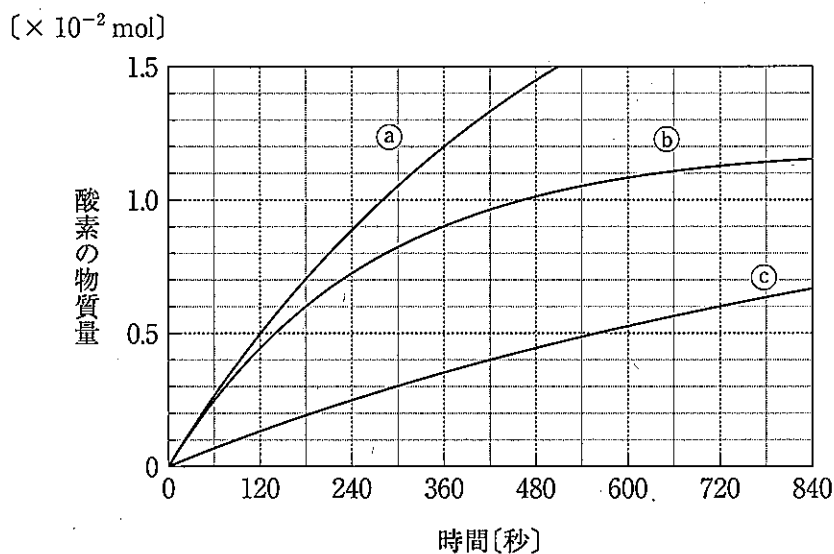


図 3 生成した酸素の物質量の時間変化

- (6) 酸化マンガン(IV)粉末の質量を変えず、粒径の小さいものを用いて実験をすると、反応速度はどのように変化するか、理由とともに 80 字以内で説明せよ。

3 次の文章を読み、設問(1)~(6)に答えよ。

有機化合物は、酸化、縮合、加水分解のような多様な反応により、有機化合物中の官能基や有機化合物の性質、構造が変化する。(ア)基をもつエタノールを硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液で酸化すると、アルデヒド基をもつ(イ)が得られる。(イ)をさらに酸化すると、(ウ)基をもつ酢酸が生じる。また、エタノールと酢酸の混合物を少量の濃硫酸とともに加熱すると縮合反応が起こり、エステル結合をもつ(エ)と水が生じる。(エ)に希硫酸を加え加熱すると、加水分解が起こり、エタノールと酢酸に戻る。この加水分解は、水酸化ナトリウムのような強塩基の水溶液を加えて加熱しても起こるが、この場合には酢酸のナトリウム塩とエタノールが生じる。塩基を用いたエステルの加水分解を、特にけん化という。縮合反応は、2分子のエタノールでも起こり、130℃に加熱した濃硫酸にエタノールを少しずつ加えると、(オ)と水が生じる。同様な反応は酢酸でも起こり、適切な脱水剤を加えて加熱すると、酢酸2分子から水1分子が取れて(カ)が得られる。

油脂もエステル結合をもつ化合物であり、油脂をけん化すると高級脂肪酸の塩、すなわちセッケンとグリセリンが得られる。セッケンと似た作用をもつものに合成洗剤がある。合成洗剤は、1-ドデカノールや直鎖アルキルベンゼンを濃硫酸と反応させたのち、水酸化ナトリウムで中和すると得られる。1-ドデカノールと濃硫酸の反応は縮合反応であるが、直鎖アルキルベンゼンのスルホン化は(キ)反応である。常温で液体の油脂である脂肪油に、ニッケルを触媒として水素を反応させると固化する。これは、脂肪油を構成する不飽和脂肪酸中の不飽和結合に水素が結合したためである。このように、不飽和結合の部分に他の原子や原子団が結合する反応を(ク)反応という。

- (1) 空欄(ア)~(ク)にあてはまる適切な官能基名、化合物名、語句を答えよ。
- (2) 下線部①の反応を、酸素の同位体 $^{18}\text{O}$ を含むエタノールを用いて行ったときの反応式を示せ。質量数16の酸素を $\text{O}$ 、質量数18の酸素を $^{18}\text{O}$ で表記した構造式を用い、 $^{18}\text{O}$ がどこに含まれるかわかるように記せ。なお、触媒である硫酸は反応式に含めなくてよい。
- (3) エタノールは、下線部②の反応で生じる(オ)より沸点が高い。その理由を30字以内で答えよ。
- (4) 下線部③の反応を、ある油脂Aを用いて行った。44.3gの油脂Aを水酸化ナトリウム水溶液で完全にけん化すると、グリセリン4.60gと脂肪酸のナトリウム塩が生じた。油脂Aの分子量を計算過程を示して、有効数字3桁で答えよ。

- (5) 設問(4)の油脂 A は、炭素原子数が同じで不飽和結合の数が異なる 2 種類の脂肪酸から構成される油脂である。油脂 A の構造に関し、以下の問(a)と(b)に答えよ。
- (a) 1.77 g の油脂 A に触媒を使って水素を完全に反応させたところ、標準状態で 89.6 mL の水素が必要であった。油脂 A 1 分子中に含まれる炭素原子間二重結合の数を答えよ。計算過程も示せ。ただし、標準状態における気体のモル体積を 22.4 L/mol とし、炭素原子間に三重結合は含まないものとする。
- (b) 油脂 A を構成する脂肪酸 1 分子に含まれる炭素原子数を答えよ。計算過程も示せ。  
ただし、油脂 A を構成する脂肪酸の炭化水素基は、すべて鎖式炭化水素基であるものとする。
- (6) セッケンは、羊毛や絹などの動物性繊維の洗濯には適さない。その理由を 50 字以内で答えよ。

4 次の文章を読み、設問(1)~(7)に答えよ。

エチレンから水素原子が1個とれた炭化水素基を(ア)基といい、この官能基をもつ化合物から多くの高分子化合物が合成される。例えば、アセチレンに触媒存在下で酢酸を付加させると(イ)が得られ、これを付加重合させた後に水酸化ナトリウムで加水分解すると(ウ)が得られる。また、ベンゼンの水素原子の1つが(ア)基に置換された(エ)の付加重合物は、加熱・冷却によって硬さが変化する性質を示す合成樹脂として用いられている。さらに、(エ)と<sup>①</sup>α-ジビニルベンゼンを共重合させると、立体網目構造の合成樹脂が得られる。これを濃硫酸で処理してスルホ基(-SO<sub>3</sub>H)を導入した樹脂は、水溶液中の(オ)を捕捉し、同時に(カ)を放出することが可能になる。また、-N<sup>+</sup>(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>OH<sup>-</sup>などの塩基性の官能基を導入した樹脂は水溶液中の(キ)を捕捉することができる。このような機能をもつ高分子化合物をイオン交換樹脂という。

<sup>③</sup> また、大きな弾性をもつ高分子化合物はゴムとよばれ、天然ゴムと合成ゴムとに分類される。天然ゴムの主成分は、(ク)が付加重合したもので、単位構造内に二重結合をもち、これらの二重結合は(ケ)形をとっている。(ク)と似た構造をもつ1,3-ブタジエンやクロロプレンなどの単量体を付加重合させると、合成ゴムとよばれるブタジエンゴムやクロロプレンゴムなどの高分子化合物が得られる。これらの高分子化合物に(コ)の粉末を数%加えて加熱すると、弾性が大きくなり、化学的にも機械的にも強くなる。これは、(コ)原子が鎖状のゴム分子のところどころに(サ)構造を形成するからである。一方、天然ゴムや合成ゴムの一部は、空气中に長期間放置すると徐々に劣化し、弾性を失う。

- (1) 空欄(ア)~(サ)にあてはまる適切な官能基名、化合物名、語句を答えよ。
- (2) 下線部①のように、加熱によって軟化し、冷却によって硬化する性質を示す樹脂を何とよぶか。
- (3) グルタミン酸(等電点:3.2)、グリシン(等電点:6.0)とリシン(等電点:9.7)の3種類のアミノ酸をpH 4.0の緩衝液に溶かして混合溶液を調製した。この溶液を、下線部②の-SO<sub>3</sub>H基を導入したイオン交換樹脂が詰められた円筒ガラス管カラムにゆっくりと流した。カラムに吸着するアミノ酸を全て答えよ。続いて、pH 8.0の緩衝液を十分な液量でこのカラムに流した。その際、カラムから溶出してくるアミノ酸を全て答えよ。ただし、緩衝液のイオン濃度による影響は受けないものとする。
- (4) 下線部③に関して、イオン交換樹脂を用いた純水(脱イオン水)の製造方法を50字以内で述べよ。
- (5) 下線部④に関して、ブタジエンゴムが得られる際の反応式を示せ。ただし、重合度 $n$ を用い、化合物の構造が分かるように記せ。

- (6) アクリロニトリル( $C_3H_3N$ )と1,3-ブタジエンを共重合させ、耐油性に優れるアクリロニトリル-ブタジエンゴムを合成した。このゴムを元素分析したところ、窒素の質量パーセントは8.9%であった。共重合したゴムにおいて、アクリロニトリル1.0 molに対して何 molの1,3-ブタジエンが共重合したか、計算過程を示して、有効数字2桁で答えよ。
- (7) 下線部⑤の要因を化学構造的な見地から30字以内で述べよ。

平成31年度 個別学力検査(後期日程)  
問題訂正  
「化学」

【問題冊子】

7ページ 2 (4) 1～2行目

(誤) 「有効数字3桁・・・」

(正) 「有効数字2桁・・・」