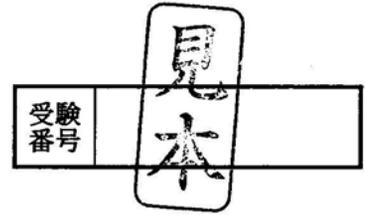


'13

前期日程



化 学 問 題

(理 工 学 部)

注 意 事 項

問題(①~④)は全て解答してください。問題(⑤, ⑥)は、どちらか一題を選択して解答してください。問題(⑤, ⑥)では、選択した問題の答案用紙左下の選択欄に、○を記入してください。ただし、問題(⑤, ⑥)の両方の選択欄に○を記入した場合は、どちらの答案も0点となるので、十分注意してください。

1. 試験開始の合図があるまで、問題冊子を開いてはいけません。
2. この冊子のページ数は21ページです。問題に落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所等があった場合には申し出てください。
3. 解答は指定の答案用紙に記入してください。
4. 下書きには下書用紙と問題冊子の余白を利用してください。
5. 答案用紙を持ち帰ってはいけません。
6. 問題冊子と下書用紙は持ち帰ってください。

◇M22(707-122)

問題を解くに当たって、必要ならば次の値を用いよ。

原子量 H = 1.0 Li = 6.9 C = 12.0 N = 14.0
 O = 16.0 F = 19.0 P = 31.0 K = 39.1
 Br = 79.9 I = 126.9

理想気体のモル体積 22.4 L/mol (0 °C, 1.01×10^5 Pa)

気体定数 8.31×10^3 Pa·L/(K·mol)

アボガドロ定数 6.02×10^{23} /mol

ファラデー定数 9.65×10^4 C/mol

1

(1) 元素と周期表に関する次の文章を読んで、問1～問5の答を解答欄に記入せよ。

元素の周期表は、元素を **ア** の順に並べたもので、その概形は図1の通りである。周期表の横の行を **イ**、縦の列を **ウ** と呼ぶ。同じ **ウ** に属する元素を **エ** 元素と呼び、**オ** が等しいため似た性質を示す。図1中の**あ**で示される元素群を **カ**、**い**で示される元素群を **キ**、**う**で示される元素群を **ク** と呼ぶ。

図1の**え**で示される元素群の水素化合物の分子量と沸点の関係を、図2に示す。H₂TeからH₂Sまでの化合物の沸点は、分子量が小さくなると低くなる傾向がみられる。ところが、H₂Oの沸点は、この傾向から予測される沸点に比べて異常に高い。これは、隣接分子間に 水素結合 による引力が強く働いているためである。

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1																		
2														(A)				
3													(B)					
4	(あ)															(え)		(う)
5								(い)										
6																		
7																		

図1 周期表

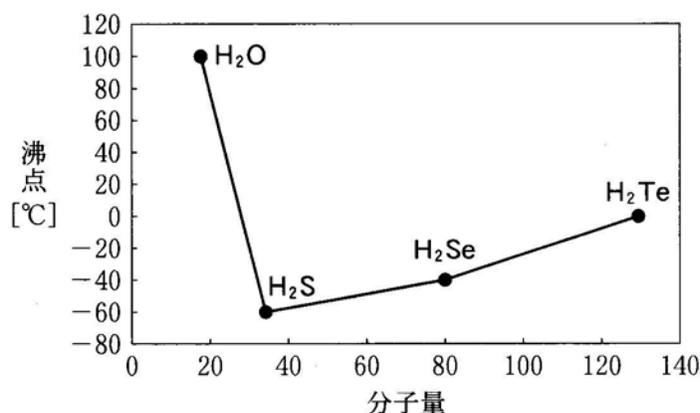


図2 分子量と沸点

問 1 空欄 ~ にあてはまる最も適切な語句を、以下の語群より選び答えよ。なお、同じ語句を繰り返し用いてはならない。

【語群】 質量数, 遷移元素, 同族, アボガドロ数, 化合物, 原子の大きさ, 同素体, 価電子の数, 平衡定数, 中性子の数, 同位体, イオン化エネルギー, 元素, 族, 同周期, アルカリ金属元素, 陽子の数, 単体, アルカリ土類金属元素, 周期, 希ガス元素, 重合度

問 2 下線部 a の水素結合とはどのような結合か。H₂O を例にとり、40 字以内で説明せよ。

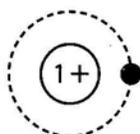
問 3 リン原子 ³¹P に含まれる陽子、中性子および最外殻電子の数を答えよ。

問 4 図 1 中の(A)で示された元素の原子 1 個と酸素原子 2 個からなる無極性分子の化学式と電子式を、例にならって記せ。

(例) 化学式 H₂, 電子式 H:H

問 5 図 1 中の(B)で示された元素について、その 3 価の陽イオンの原子核の電荷と電子配置を、例にならって記せ。ただし、中心の円と数字はそれぞれ原子核とその電荷を示し、同心円状の破線と黒丸はそれぞれ電子殻と電子を表すものとする。

(例) 水素原子



- (2) 次の文章を読んで、問1～問4の答を解答欄に記入せよ。ただし、気体は理想気体として振る舞うものとする。また、数値は有効数字2桁で答えよ。

a 容積 10 L の密閉容器内に、エタン C_2H_6 および酸素 O_2 が、物質質量比 1 : 4 で封入されている。この時、容器内の混合気体の全圧は 1.0×10^5 Pa で、温度は $27^\circ C$ であった。

次に、b 容器内のエタンを完全燃焼させ、その後、再び $27^\circ C$ まで冷却した。c 冷却後の容器内には水滴が確認された。

問 1 下線部 a で、容器内に封入されているエタンと酸素の物質質量の合計を答えよ。

問 2 下線部 a における、容器内のエタンと酸素のそれぞれの分圧を答えよ。

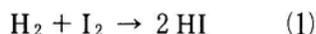
問 3 下線部 b について、エタンの完全燃焼反応の化学反応式を記せ。

問 4 下線部 c で、容器内に生成していた水滴の質量は何 g か答えよ。計算過程も示すこと。ただし、燃焼の前後で容器の容積は変化しないものとし、 $27^\circ C$ における水の飽和蒸気圧は 4.0×10^3 Pa とする。また、生成した水滴の体積および水滴への気体の溶解は無視してよい。

2

- (1) 次の文章を読んで、問1～問6の答を解答欄に記入せよ。ただし、H—H、I—IおよびH—I結合の結合エネルギーは、それぞれ436 kJ/mol、151 kJ/molおよび299 kJ/molとする。

水素 H_2 とヨウ素 I_2 の気体を密閉容器に入れて加熱すると、(1)式の反応が起こり、気体のヨウ化水素 HI が生成する。



(1)式にしたがって1 mol の H_2 と1 mol の I_2 が反応するときの活性化エネルギーは174 kJである。一方、1 mol の H_2 分子と1 mol の I_2 分子をそれぞれ水素原子とヨウ素原子に解離させるためには、合計 kJ のエネルギーが必要である。このことから、(1)式の反応は、 H_2 と I_2 が解離して生成した水素原子とヨウ素原子が結合するのではなく、 H_2 分子と I_2 分子が衝突してできた、H—H 結合と I—I 結合が切れかかり、H—I 結合ができなかったような状態を経て進むと考えられる。このような状態を と呼ぶ。

反応が起こるかどうかは、分子の持つ運動エネルギーに依存する。一般に、ある温度 T_1 、 T_2 (ただし $T_1 < T_2$) における気体分子の運動エネルギーは図1に示すような分布を持ち、温度 T_1 よりも温度 T_2 のときのほうが反応速度が大きく、反応が速く進む。なお、図1は、気体分子の運動エネルギーを横軸に、分子の数を縦軸に示したものであり、 E_a は反応の活性化エネルギーを示す。

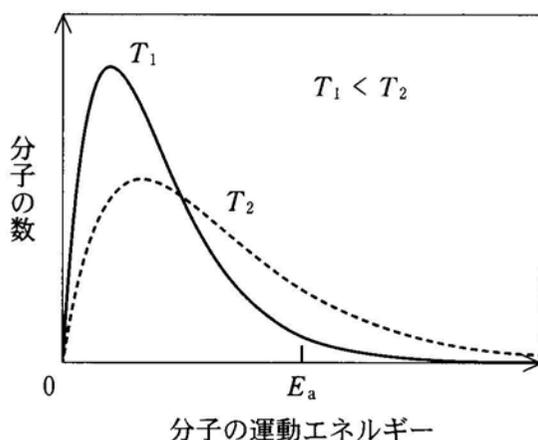


図1 気体分子の運動エネルギー分布と温度の関係

問 1 (1)式の反応の熱化学方程式を記せ。

問 2 空欄 にあてはまる数値を記せ。

問 3 空欄 にあてはまる最も適切な語句を記せ。

問 4 下線部 a の理由を E_a と関連づけて 50 字以内で記せ。

問 5 下線部 a において、温度を T_2 に上げるかわりに触媒を用いても反応速度が大きくなった。このときの触媒のはたらきについて正しく記述されているものを以下の①～⑧の中から一つ選び、その番号を記せ。

- ① 反応物の運動エネルギーを大きくする。
- ② 反応物の運動エネルギーを小さくする。
- ③ 活性化エネルギーを大きくする。
- ④ 活性化エネルギーを小さくする。
- ⑤ 生成物の結合エネルギーを大きくする。
- ⑥ 生成物の結合エネルギーを小さくする。
- ⑦ 反応熱を大きくする。
- ⑧ 反応熱を小さくする。

問 6 (1)式の反応の反応速度 v は、水素の濃度を 2 倍にすると 2 倍に、ヨウ素の濃度を 2 倍にすると 2 倍になる。反応速度 v を水素の濃度 $[H_2]$ 、ヨウ素の濃度 $[I_2]$ および反応速度定数 k を用いた反応速度式で記せ。

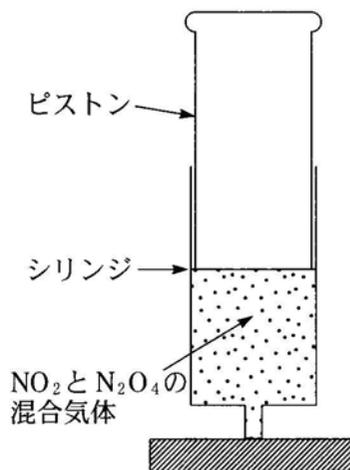
(2) 次の文章を読んで、問1～問5の答を解答欄に記入せよ。

二酸化窒素 NO_2 から四酸化二窒素 N_2O_4 が生成する反応の熱化学方程式は、



である。いま、 NO_2 と N_2O_4 の混合気体が図に示す透明な密閉容器内で平衡状態にある。 NO_2 は赤褐色の気体、 N_2O_4 は無色の気体であるため、混合気体の色の濃さは、(1)で示した反応の平衡の移動に伴って変化する。

NO_2 のモル濃度を $[\text{NO}_2]$ 、 N_2O_4 のモル濃度を $[\text{N}_2\text{O}_4]$ で表すと、(1)の反応の濃度平衡定数 K_c は、 $K_c = \boxed{\text{ア}}$ と表すことができる。



図

a 混合気体の体積が1/2倍になるまでピストンを押し下げ、その位置で固定した。固定した後の混合気体の色の変化を観察したところ、気体の色は徐々に $\boxed{\text{イ}}$ くなり、やがて変化しなくなった。ただし、これらの操作の間、混合気体の温度は一定に保たれていた。

次に、b ピストンを固定した状態で、この混合気体の温度を上げたところ、混合気体の色が濃くなった。

問1 空欄 $\boxed{\text{ア}}$ に入る式、および空欄 $\boxed{\text{イ}}$ に入る最も適切な語句を記せ。

問 2 下線部 a の過程において、気体の色が変化しなくなった状態における混合気体の全圧を p_1 とし、押し下げる前の全圧を p_0 とする。以下の①～③の中から p_1 と p_0 の関係について正しいものを 1 つ選び、その番号を記せ。

- ① p_1 は p_0 のちょうど 2 倍である。
- ② p_1 は p_0 の 2 倍より小さい。
- ③ p_1 は p_0 の 2 倍より大きい。

問 3 下線部 b の変化がおきた理由を 40 字以内で記せ。

問 4 NO_2 の分圧を p_{NO_2} 、 N_2O_4 の分圧を $p_{\text{N}_2\text{O}_4}$ とするとき、 $K_p = \frac{p_{\text{N}_2\text{O}_4}}{(p_{\text{NO}_2})^2}$ で表される量を圧平衡定数という。理想気体の状態方程式を利用して、 K_p を K_c と気体定数 R 、および絶対温度 T を用いて表せ。

問 5 ある温度において(1)の反応の圧平衡定数 K_p は $0.75/\text{kPa}$ であった。 NO_2 と N_2O_4 からなる気体の全圧が 1.0 kPa のとき、 NO_2 の分圧 p_{NO_2} は何 kPa であるか、有効数字 2 桁で答えよ。ただし、計算過程も示すこと。

3

(1) 次の文章を読んで、問1～問5の答を解答欄に記入せよ。

ハロゲンの原子は最外殻に 個の電子をもち、 価の陰イオンになりやすい。a ハロゲンの単体は有色、有毒である。 b 塩素は酸化マンガン(IV)に濃塩酸を加えて加熱することにより得られる。 また、c 工業的には塩化ナトリウム水溶液の電気分解により製造されている。

ハロゲンの単体には酸化力があり、原子番号が小さいものほど酸化力が 。例えばヨウ化カリウム水溶液に塩素を通じると が遊離する。塩素を水に溶かすとその一部が反応して塩化水素と を生じる。 は酸化作用を示し、漂白剤、殺菌剤などとして用いられる。

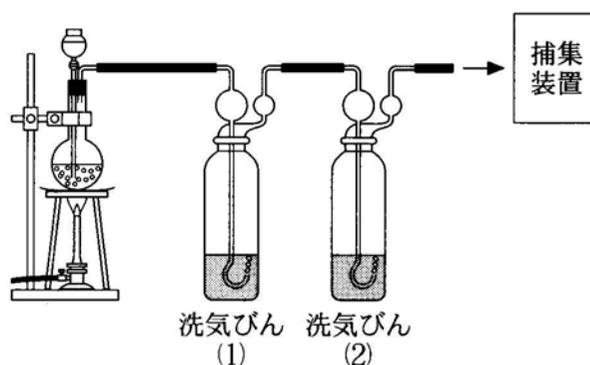
問1 空欄 , に入る数字、および空欄 ~ に当てはまる最も適切な語句を記せ。

問2 下線部aについて、フッ素および臭素は常温常圧において固体、液体、気体のいずれの状態か答えよ。また色は何色か、下の①～⑤から最も適切なものをそれぞれ1つ選び、その番号を記せ。

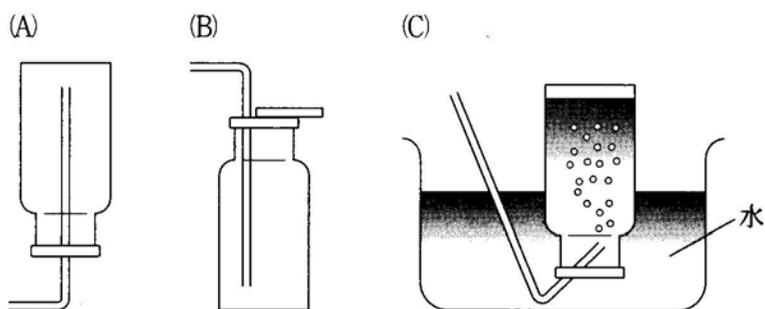
- ① 黒紫色 ② 赤褐色 ③ 濃青色 ④ 黄緑色 ⑤ 淡黄色

問3 下線部bの反応を化学反応式で記せ。

問 4 下線部 b の実験は右図に示した装置で行われる。気体の捕集に用いる装置として最も適切なものを下図(A)~(C)から1つ選び、その記号を記せ。また、洗気びん(1)および(2)に入れる液体として最も適切なものを、語群①~④からそれぞれ1つ選び、その番号を記せ。また、洗気びん(1)と(2)の役割をそれぞれ10字以内で記せ。



捕集装置



語群 ① 濃塩酸
③ 濃硫酸

② 水
④ 水酸化ナトリウム水溶液

問 5 下線部 c について、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。このとき陽極および陰極で起こる反応を、電子 e^- を含むイオン反応式でそれぞれ記せ。

(2) 次の文章を読んで、問1～問4の答を解答欄に記入せよ。

a イオン化エネルギーが小さい金属元素は陽イオンになりやすく、b 電子親和力が大きい非金属元素は陰イオンになりやすい。陽イオンと陰イオンの間には が働くため、イオンは凝集して結晶を形成する。このような結晶をイオン結晶という。例えば、塩化ナトリウムは典型的なイオン結晶である。

非金属元素の単体の多くは分子として存在する。例えば、硫黄は環状の S_8 分子を形成する。 S_8 分子の間には という分子間力が働くため、 S_8 分子は凝集して分子結晶を形成する。また、炭素の結晶であるダイヤモンドは、結晶内のすべての炭素原子が共有結合でつながっており、結晶を1個の巨大な分子とみなすことができる。ダイヤモンドのような結晶を共有結合の結晶という。

金属元素の単体のほとんどは常温・常圧で固体である。金属では、自由電子により結合が生じ、金属原子が凝集した金属結晶を形成する。例えば、金、銀、銅の単体は典型的な金属結晶である。

問1 下線部aのイオン化エネルギー、下線部bの電子親和力の意味を、それぞれ30字以内で記せ。

問2 空欄 , に当てはまる引力の名称を記せ。

問3 塩化ナトリウム、ダイヤモンド、銀、それぞれの結晶に当てはまる性質を以下の①～④からすべて選び、その番号を記せ。

- ① 水によく溶ける。
- ② 電気をよく通す。
- ③ 展性・延性に富む。
- ④ 無色透明である。

問4 ダイヤモンドの密度は 3.5 g/cm^3 、単位格子の体積は $4.6 \times 10^{-23} \text{ cm}^3$ である。これらの値を使って、ダイヤモンドの単位格子内に含まれる炭素原子の数を計算し、整数で答えよ。また、計算過程も示せ。

4

(1) 次の文章を読んで、問1～問5の答を解答欄に記入せよ。

ベンゼンおよびその誘導体は、分子内にベンゼン環と呼ばれる独特の構造を持ち、芳香族化合物と呼ばれる。一般的に、ベンゼンは、付加反応を受けにくく、置換反応を受けやすい。ベンゼンに と の混合物(混酸)を加えて約60℃で反応させると、ニトロベンゼンが得られる。一方、ベンゼンを とともに加熱すると、 が生じる。 は水に溶けて、強い酸性を示す。

アニリンおよびその誘導体は、染料、医薬品や高分子材料などを製造する際の工業用原料として広く利用されている。ニトロベンゼンを用いて、アニリンを次の方法によって合成した。試験管にニトロベンゼンとスズSnを取り、よく振り混ぜながら濃塩酸を少しずつ加えた後、70℃の温浴で熱したところ、ニトロベンゼンの油滴が無くなった。この溶液を三角フラスコに移し、弱塩基性になるまで水酸化ナトリウム水溶液を加えると、油状のアニリンが遊離した。アニリンは、弱塩基性の化合物である。

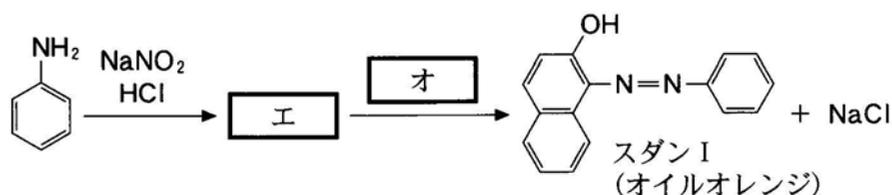
問1 空欄 , に当てはまる最も適切な試薬名を記せ。また、空欄 に当てはまる化合物名を記せ。

問2 下線aの反応におけるスズの役割を10字以内で述べよ。

問 3 アニリンに関する記述として誤っているものを、次の①～⑤のうちから2つ選び、それらの番号を記せ。

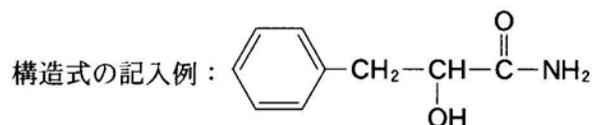
- ① 純粋なものは無色であるが、空气中に放置しておくと徐々に褐色になる。
- ② さらし粉水溶液を加えると赤紫色を呈する。
- ③ 塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えると青紫色～赤紫色を呈する。
- ④ 塩基性水溶液中でヨウ素と反応し、ヨードホルムの黄色沈殿が生成する。
- ⑤ 硫酸酸性にした二クロム酸カリウム水溶液によって酸化すると、水に不溶の黒色物質に変化する。

問 4 下図は、アニリンを出発物質として赤橙色染料スダン I (オイルオレンジ) を合成する経路を示したものである。空欄 , に該当する化合物の構造式を記せ。



問 5 アニリンを水に溶かすと一部が電離し、水酸化物イオンを生成する。 $5.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ アニリン水溶液の電離度 α と水酸化物イオンの濃度 $[\text{OH}^-]$ を、有効数字 2 桁で答えよ。計算過程も示すこと。ただし、アニリンの電離定数 K_b は $5.0 \times 10^{-10} \text{ mol/L}$ とし、電離度 α は 1 よりも十分に小さいものとする。

- (2) 次の文章を読んで、問1および問2の答を解答欄に記入せよ。なお、構造式は以下の例にならって記せ。



分子式が C_7H_8O で表される三つの芳香族化合物 A~C がある。これらの化合物の構造を調べるために実験を行い、以下の 1)~5) に示す結果を得た。

- 1) 化合物 A と B は無水酢酸と反応して、それぞれ化合物 D と E を生成したが、化合物 C は反応しなかった。
- 2) 化合物 A と C は中性であるが、化合物 B は弱酸性を示した。
- 3) 化合物 A と B にナトリウムを作用させると、気体 F を発生しながら反応して、それぞれ化合物 G と H を生成した。
- 4) 化合物 A を酸化すると、中性の化合物 I が生成した。これをさらに酸化すると、弱酸性の化合物 J が生成した。
- 5) 化合物 B を酸化すると、サリチル酸が生成した。

問 1 化合物 A~E, G~J の構造式を記せ。

問 2 気体 F の物質名を記せ。

5

(1) 繊維に関する以下の問1～問4の答を解答欄に記入せよ。

問1 衣料として用いられる繊維には天然繊維と化学繊維がある。天然繊維は更に2種類、化学繊維(有機系)は3種類に分類される。下表の空欄

~ に当てはまる最も適切な語句を記せ。

分類		例
天然繊維	<input type="text" value="あ"/> 繊維	木綿, 麻
	<input type="text" value="い"/> 繊維	羊毛, 絹
化学繊維	<input type="text" value="う"/> 繊維	レーヨン
	<input type="text" value="え"/> 繊維	アセテート
	<input type="text" value="お"/> 繊維	ナイロン66(6,6-ナイロン), アクリル繊維

問2 繊維と 繊維の主成分を記せ。

問3 アクリル繊維はポリアクリロニトリルから作られた繊維である。ポリアクリロニトリルは、アクリロニトリルから、どのような重合法で得られるか記せ。

問4 アジピン酸($C_6H_{10}O_4$)とヘキサメチレンジアミン($C_6H_{16}N_2$)を加熱するとナイロン66が得られる。1分子のナイロン66が生成する際に平均6000個の水分子が生成したとして、得られたナイロン66の平均分子量を有効数字3桁で答えよ。また、計算過程も記せ。

(2) セッケンに関する以下の問1～問3の答を解答欄に記入せよ。

問1 繊維などの洗浄に用いるセッケンは、油脂を水酸化ナトリウム水溶液を用いて加水分解することにより得られる。このとき加水分解される結合の名称を記せ。

問2 セッケンは高級脂肪酸のナトリウム塩である。セッケンを水に溶解すると酸性、中性、アルカリ性のいずれを示すか記せ。また、その理由を60字以内で記せ。

問3 セッケンによる衣類の油汚れの洗浄のしくみを60字以内で記せ。

6

(1) 次の文章を読んで、問1～問3の答を解答欄に記入せよ。

デンプンは α -グルコースが **ア** したものであり、熱水に溶けやすい **イ** と熱水に溶けにくい **ウ** に大別することができる。デンプンは唾液や膵液に含まれる酵素アミラーゼによって二糖類である **エ** に分解され、ついで小腸に存在する酵素 **オ** により加水分解されてグルコースとなり、動物のエネルギー源となる。

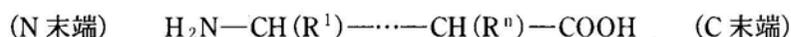
消化されたのち血液中に吸収されたグルコースは、細胞内に運ばれて酸化され、この時にエネルギーが発生する。この反応が呼吸である。呼吸により放出されたエネルギーを用いて体内のエネルギー貯蔵物質であるアデノシン三リン酸(ATP)が合成される。1 mol の ATP が加水分解されてアデノシン二リン酸(ADP)に変わるときにエネルギーが 31 kJ 放出され、このエネルギーが生命活動に利用される。a 呼吸のうち、有機化合物の分解に酸素を用いるものを **カ** といい、1 mol のグルコースから水と二酸化炭素を生じる反応では 38 mol の ATP が合成される。一方、酸素を用いない呼吸を **キ** といい、**キ** の一種であるアルコール発酵では、b グルコースからエタノールと二酸化炭素を生じる。この反応では 1 mol のグルコースから 2 mol の ATP が合成される。

問 1 空欄 **ア** ~ **キ** に当てはまる最も適切な語句を記せ。

問 2 下線部 a について、酸素を用いた呼吸により合成されたすべての ATP が ADP に変換されたときに放出されるエネルギーは、グルコースの完全燃焼で得られるエネルギーの何%に相当するか、有効数字 2 桁で記せ。ただし、グルコースの燃焼熱は 2810 kJ/mol とする。

問 3 下線部 b について、化学反応式を記せ。

- (2) 9個の α -アミノ酸からなるペプチドXの一次構造を決定する実験を行ったところ、次の1)~6)に示す結果を得た。問1~問3の答を解答欄に記入せよ。なお、n個の α -アミノ酸からなるポリペプチドの一般式を下図で表す時、末端にアミノ基がある方をN末端と呼び、カルボキシル基がある方をC末端と呼ぶ($R^1 \sim R^n$ は各アミノ酸固有の置換基)。



- 1) ペプチドXを加水分解すると表1に示す7種類の α -アミノ酸が得られた。なお、表中のRは α -アミノ酸の一般式を $\text{R}-\text{CH}(\text{NH}_2)-\text{COOH}$ としたときの各アミノ酸固有の置換基である。
- 2) ペプチドXのN末端アミノ酸はアラニンであり、N末端側から2番目とC末端側から2番目のアミノ酸はシステインであった。
- 3) ペプチドXを、塩基性アミノ酸のカルボキシル基側のペプチド結合を選択的に加水分解する酵素と反応させたところ、3種類のペプチドA(分子量320)、ペプチドB(分子量495)およびペプチドC(分子量208)が得られた。
- 4) ペプチドA~Cに水酸化ナトリウム水溶液と硫酸銅(II)を加えたところ、ペプチドAおよびペプチドBは赤紫色を示したが、ペプチドCは示さなかった。
- 5) ペプチドA~Cを水酸化ナトリウム水溶液中で加熱し、中和した後、酢酸鉛(II)水溶液を加えると、ペプチドAおよびペプチドCだけが沈殿を生じた。
- 6) ペプチドA~Cに濃硝酸を加えて加熱後、塩基性になると、ペプチドBだけが橙黄色になった。

表1 ペプチドXに含まれる α -アミノ酸の名称, 略号, 分子量および置換基R-の構造式

名称	略号	分子量	置換基 R-
グリシン	Gly	75	H-
アラニン	Ala	89	CH ₃ -
チロシン	Tyr	181	HO-  -CH ₂ -
セリン	Ser	105	HO-CH ₂ -
リシン	Lys	146	H ₂ N-(CH ₂) ₄ -
グルタミン酸	Glu	147	HOOC-(CH ₂) ₂ -
システイン	Cys	121	HS-CH ₂ -

問1 アラニンの等電点は6.0である。pH 10.0に調整したアラニン水溶液中のアラニンの状態を構造式で記せ。また、この溶液をろ紙にしみこませて電圧をかけるとアラニンは陽極側、陰極側のどちらに移動するか記せ。

問2 次の文章①~④の中で正しいものを1つ選び、その番号を記せ。

- ① ペプチドAおよびペプチドBは、いずれも芳香族アミノ酸を含んでいる。
- ② ペプチドCは、芳香族アミノ酸を含んでいる。
- ③ ペプチドBは、アミノ酸3分子以上で構成されるペプチドである。
- ④ ペプチドCは、アミノ酸3分子以上で構成されるペプチドである。

問3 ペプチドAおよびペプチドCの一次構造を推定し、例にならって記せ。

例：(N末端) Gly—Ser—Glu—Ala—Cys (C末端)