

Q 4

化 学

この冊子は、化学の問題で1ページより33ページまであります。

〔注 意〕

- (1) 試験開始の指示があるまで、この冊子を開いてはいけません。
- (2) 監督者から受験番号等記入の指示があったら、解答用マークシートに受験番号と氏名を記入し、さらに受験番号をマークしてください。
- (3) 解答は、所定の解答用マークシートにマークしたもののだけが採点されます。
- (4) 解答用マークシートについて
 - ① 解答用マークシートは、絶対に折り曲げてはいけません。
 - ② マークには黒鉛筆(HBまたはB)を使用してください。
指定の黒鉛筆以外でマークした場合、採点できないことがあります。
 - ③ 誤ってマークした場合は、消しゴムで丁寧に消し、消しくずを完全に取り除いたうえ、新たにマークしてください。
 - ④ 解答欄のマークは、横1行について1箇所に限ります。
2箇所以上マークすると採点されません。
あいまいなマークは無効となるので、はっきりマークしてください。
 - ⑤ 解答用マークシートに記載されている解答上の注意事項を、必ず読んでから解答してください。
- (5) 試験開始の指示があったら、初めに問題冊子のページ数を確認してください。
ページの落丁・乱丁、印刷不鮮明等に気づいた場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
- (6) 問題冊子は、試験終了後、持ち帰ってください。

(下書き用紙)

本文中の気体は、特に断りのない限り理想気体であるものとする。

問題文中の体積の単位記号 L はリットルを表す。

必要があれば次の数値を用いなさい。

原子量 H 1.0, C 12.0, N 14.0, O 16.0, Na 23.0, Mg 24.3, Al 27.0,

Si 28.1, S 32.1, Cl 35.5, K 39.1, Ca 40.1, Ti 47.9, Fe 55.9,

Cu 63.6, I 127, Pb 207

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

アボガドロ定数 $N_A = 6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$

水のモル凝固点降下 $K_f = 1.85 \text{ K} \cdot \text{kg} / \text{mol}$

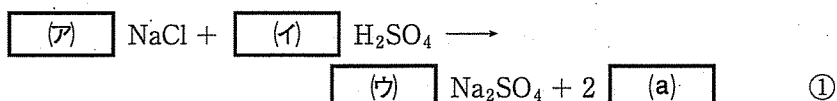
水のモル沸点上昇 $K_b = 0.515 \text{ K} \cdot \text{kg} / \text{mol}$

$\log_{10} 2 = 0.301$, $\log_{10} 3 = 0.477$, $\log_{10} 5 = 0.699$, $\log_{10} 7 = 0.845$

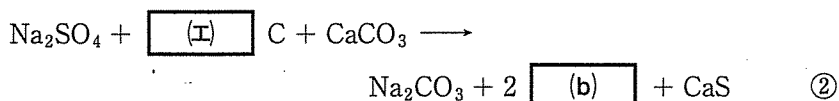
1 次の文章を読み、問(1)から(10)に答えなさい。

(36 点)

【A】 炭酸ナトリウムはガラスや洗剤の原料として工業的に重要な化合物であるが、工業的製法として、ルブラン法で合成された歴史がある。この方法の第一段階では、塩化ナトリウムと硫酸の直接反応により硫酸ナトリウムを合成する。



第二段階では、①で得られた硫酸ナトリウムと炭素、炭酸カルシウムを反応させる。



この反応で得られた固体から、比較的溶解度が大きい炭酸ナトリウムを熱水で溶かして取り出す。

反応①で生成した気体 $\boxed{\text{a}}$ には利用法がなく、大気中に排出したため、深刻な環境汚染を引き起こした。また、炭酸ナトリウムを溶かして取り出した後に残った固体を野積みにしたため、雨水などにより硫化カルシウムが徐々に加水分解され、発生した気体 $\boxed{\text{c}}$ の悪臭も環境汚染の原因となった。その後開発されたソルベー法は反応工程に工夫が見られ、工業的製法の主流となった。

(1) 反応式①、②の係数 $\boxed{\text{ア}}$ から $\boxed{\text{エ}}$ に入る適切な値を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。ただし、係数が1の場合には1をマークしなさい。

- (2) (a) から (c) に当てはまる最も適切な気体の物質名を解答群から一つ選び、その番号を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。

(2)の解答群

- | | | |
|---------|---------|---------|
| 1 アンモニア | 2 一酸化窒素 | 3 塩化水素 |
| 4 塩素 | 5 硫化水素 | 6 二酸化硫黄 |
| 7 二酸化炭素 | 8 二酸化窒素 | |

- (3) 下線部の分離操作の名称として最も適切なものを解答群から一つ選び、その番号を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。

(3)の解答群

- | | |
|-------------|---------|
| 1 イオン交換 | 2 逆浸透 |
| 3 クロマトグラフィー | 4 再結晶 |
| 5 昇華法 | 6 蒸留 |
| 7 抽出 | 8 熔融塩電解 |
| 9 ろ過 | |

- (4) ある金属陽イオンを含む水溶液に気体(c)を通じても沈殿は生じなかったが、さらにアンモニア水で塩基性になると黒色沈殿が生じた。この金属イオンとして適切なものを解答群から一つ選び、その番号を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。

(4)の解答群

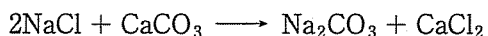
- | | | |
|--------------------|--------------------|--------------------|
| 1 Ag^+ | 2 Al^{3+} | 3 Ca^{2+} |
| 4 Cu^{2+} | 5 Fe^{2+} | 6 Mg^{2+} |
| 7 Mn^{2+} | 8 Pb^{2+} | 9 Zn^{2+} |

- (5) ソルベ法は、途中段階の反応における副生成物を再利用するなどの工夫がされており、ルブラン法よりも効率的かつ環境汚染物質が少ない方法として広く用いられてきた。ソルベ法で用いられる工程について誤っている記述はどれか。該当する番号を解答群から二つ選び、その番号を各々解答用マークシートの指定された欄(i), (ii)にマークしなさい。解答の順序は問わない。

(5)の解答群

- 1 四酸化三鉄を触媒としてアンモニアを窒素と水素に分解し、原料として用いる。
- 2 石灰石の熱分解でできた固体と水を反応させたのち、炭酸水素ナトリウムを得る工程の副生成物を反応させるとアンモニアを回収することができる。
- 3 炭酸カルシウムを熱分解して二酸化炭素を取り出し、原料として用いる。
- 4 炭酸水素ナトリウムとともに生成する塩化アンモニウムを石灰石と反応させてアンモニアを回収する。
- 5 炭酸水素ナトリウムを熱分解して炭酸ナトリウムを取り出す。
- 6 飽和塩化ナトリウム水溶液にアンモニアを吸収させ、二酸化炭素を通じて炭酸水素ナトリウムを得る。

- (6) ソルベー法をまとめると、「食塩と炭酸カルシウムを原料として炭酸ナトリウムを生産し、塩化カルシウムが副生成物として得られる反応」と考えることができ、化学反応式としては、



と書ける。しかし実際には、食塩水と炭酸カルシウムを混ぜても炭酸ナトリウムは得られない。その理由について最も適切なものはどれか。該当する番号を解答群から一つ選び、その番号を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。

(6)の解答群

- 1 塩化カルシウムの水への溶解度が大きいから。
- 2 塩化カルシウムの水への溶解度が小さいから。
- 3 塩化ナトリウムの水への溶解度が大きいから。
- 4 塩化ナトリウムの水への溶解度が小さいから。
- 5 炭酸カルシウムの水への溶解度が大きいから。
- 6 炭酸カルシウムの水への溶解度が小さいから。
- 7 炭酸ナトリウムの水への溶解度が大きいから。
- 8 炭酸ナトリウムの水への溶解度が小さいから。

【B】 ソルベー法では副生成物として塩化カルシウムが得られる。塩化カルシウムは炭酸ナトリウムほど多様な需要はないため、炭酸ナトリウムの副生成物として安価に製造でき、乾燥剤や凍結防止剤として用いられている。実際には凍結防止剤(凍結が予想される場所に散布して、凍結を予防する)、あるいは融雪剤(雪や氷に散布して融かす)としては、塩化カルシウムの他にも塩化ナトリウム、塩化マグネシウム、尿素などがよく用いられる。

(7) 凍結防止剤は水に溶けて水溶液になった状態で効果を発揮するものと考えた場合、同じ質量の凍結防止剤を用意したときに、 -1.85°C で最も多量の水の凍結を防止できるのはどの物質か。該当する番号を解答群から一つ選び、その番号を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。ただし、利用する化合物は無水物として考える。また、電離する物質の電離度は1、溶解後の溶液の密度はいずれも 1.0 g/cm^3 とする。

(7)の解答群

- | | |
|------------|-----------|
| 1 塩化カルシウム | 2 塩化ナトリウム |
| 3 塩化マグネシウム | 4 尿 素 |

(8) 問(7)の条件では、凍結防止剤のどのような性質あるいは作用により水の凍結が妨げられるのか。最も適切な用語に該当する番号を解答群から一つ選び、その番号を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。

(8)の解答群

- | | |
|-----------|---------|
| 1 イオン交換 | 2 界面活性 |
| 3 加水分解 | 4 緩衝作用 |
| 5 共通イオン効果 | 6 凝固点降下 |
| 7 重 合 | 8 触媒作用 |
| 9 脱水作用 | 10 沸点上昇 |

(9) 融雪剤として用いる場合、水に溶解するときの溶解熱によって雪氷を融かす即効性が期待される場合もある。化合物の溶解熱だけを考慮する場合、同じ質量の融雪剤を用いた際に最も融雪効果が高いと考えられるものはどれか。該当する番号を解答群から一つ選び、その番号を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。ただし、利用する化合物は無水物として考え、その場合の各物質の水に対する溶解熱を、塩化カルシウム：81 kJ/mol、塩化ナトリウム：-3.9 kJ/mol、塩化マグネシウム：160 kJ/mol、尿素：-15 kJ/molとする。また、使用した融雪剤はすべて溶けるものとする。

(9)の解答群

- | | |
|------------|-----------|
| 1 塩化カルシウム | 2 塩化ナトリウム |
| 3 塩化マグネシウム | 4 尿 素 |

(10) これまでに見てきたように、凍結防止剤ないしは融雪剤として利用する際にどのような化合物を選択するかについて、いろいろな要素が考慮されていることがわかる。他にも、金属塩の融雪剤よりも使用後の塩害が少ないことから、無定形炭素の一種であるカーボンブラックもまた融雪剤として利用される場合がある。カーボンブラックの融雪剤としての効果は、その可視光や赤外線の吸収能に由来するが、この効果について正しい記述はどれか。最も適切なものを解答群から一つ選び、その番号を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。

(10)の解答群

- 1 カーボンブラックは、水溶液中で完全電離するため融雪剤として高い性能をもつ。
- 2 カーボンブラックは、夜間は融雪剤として有効に機能しない。
- 3 カーボンブラックは規則正しい結晶構造をもち、水分子を結晶格子中に取り込みやすいので融雪剤として機能する。
- 4 カーボンブラックは極性が大きく、極性分子である水と結合して融雪剤として機能する。
- 5 カーボンブラックには電気伝導性があるため、金属と同様に可視光を反射し、その光が氷に吸収されるため、融雪剤として機能する。

(下書き用紙)

2 次の文章を読み、問(1)から(4)に答えなさい。

(14 点)

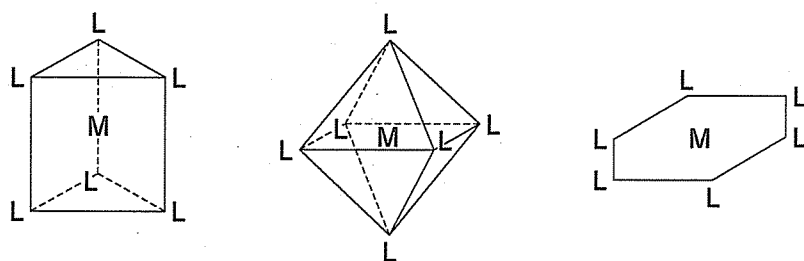
コバルト(Ⅲ)イオン、アンモニア分子、塩化物イオンからなる3種類の錯塩 A, B, C があり、各々の色は A: 黄色, B: 赤紫色, C: 緑色であった。また、これらの組成式は $\text{CoCl}_3(\text{NH}_3)_n$ のように書ける。ここで n は、4, 5, 6 のいずれかである。各錯塩ではアンモニア分子がコバルト(Ⅲ)イオンと配位結合している。また、塩化物イオンにはコバルト(Ⅲ)イオンに配位結合しているものと、錯イオンとイオン結合しているものがあり、後者は水溶液中で電離する。

- (1) A から C の錯塩を各々 0.1 mol 含む水溶液に十分な量の銀イオンを加えて反応させると、A からは 0.3 mol, B からは 0.2 mol, C からは 0.1 mol の塩化銀が生成した。A から C に含まれる錯イオンの組み合わせとして最も適切なものはどれか。正しい番号を解答群から一つ選び、その番号を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。

(1)の解答群

A	B	C
1 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$	$[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]^{2+}$	$[\text{Co}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]^+$
2 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$	$[\text{Co}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]^+$	$[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]^{2+}$
3 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]^{2+}$	$[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$	$[\text{Co}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]^+$
4 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]^{2+}$	$[\text{Co}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]^+$	$[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$
5 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]^+$	$[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$	$[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]^{2+}$
6 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]^+$	$[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]^{2+}$	$[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$

(2) $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]^+$ を含む錯塩は、2種類の色をもつものが存在する。これらの間では、錯イオン中で塩化物イオンが配位結合している位置が異なっている。この錯イオンの形として、図1のaからcのようなものを考えるとき、2個の塩化物イオンが結合する位置の相違によって2種類の構造だけが考えられるものはどれか。そのすべてを過不足なく含む番号を解答群から一つ選び、その番号を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。



a : 正三角柱

b : 正八面体

c : 平面正六角形

図1 六配位型錯イオンの形状。M : 中心金属イオン L : 配位子

(2)の解答群

1 a

2 b

3 c

4 aとb

5 aとc

6 bとc

7 a, b, cすべて

(3) 多くの錯塩では可視光のうち特定の波長の光を吸収して、吸収されなかった残りの光の色が見える。この色は、吸収された色の補色である。様々な色の補色はおおよそ図2の直線で結んだ色の対どうしになるものとする。すなわち、例えば黄緑色に対応する光の吸収がある錯塩は紫色に見える。このとき、錯塩 A, B, C が吸収する光の色は、ア , イ , ウ である。ア から ウ にあてはまる色について最も適切なものを解答群から一つずつ選び、その番号を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。

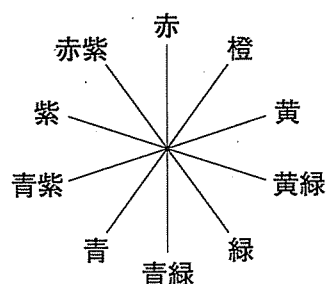


図2 補色の相関

(3) アからウの解答群

1 青 紫

2 赤 紫

3 黄

4 緑

(4) 異なる色の光は、異なるエネルギーをもつ。また、光の色とエネルギーの対応は図3のような関係にある。問(3)のような錯塩の配位子が変化することによる色の変化を考慮すると、配位子としてのアンモニア分子を塩化物イオンに置き換えることは、錯塩が吸収する光のエネルギーをどのように変化させると考えられるか。最も適切なものを解答群から一つ選び、その番号を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。

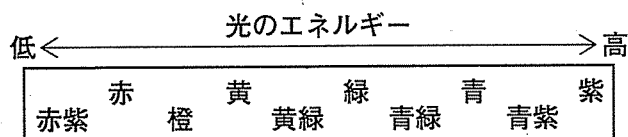


図3 光のエネルギーと色の関係

(4)の解答群

1 高くする

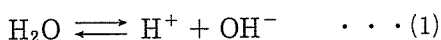
2 低くする

3 変化させない

(下書き用紙)

- 3 電解質水溶液に関する問(1)から(4)の記述を読み、に入るべき正しい解答をそれぞれの解答群から一つずつ選び、その番号を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。(25点)

- (1) 純水はわずかに電気を流す性質を示すことが知られている。これは水分子の一部が電離してイオンを生じ、以下の式(1)で示するような電離平衡が成立しているためである。



このとき、この電離平衡の平衡定数 K は $K =$ (ア) と表される。しかし水の電離度は極めて小さく、水のモル濃度 $[\text{H}_2\text{O}]$ の値は $[\text{H}^+]$ や $[\text{OH}^-]$ に比べて非常に大きいため、ほとんど一定とみなしてよい。したがって $K_{\text{W}} = K[\text{H}_2\text{O}]$ という新たな平衡定数 K_{W} を定義すると、 $K_{\text{W}} =$ (イ) と表される。この K_{W} を水のイオン積という。

(ア)と(イ)の解答群

1 $[\text{H}^+]$

2 $[\text{OH}^-]$

3 $[\text{H}_2\text{O}]$

4 $[\text{H}^+][\text{OH}^-]$

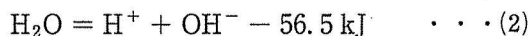
5 $\frac{[\text{H}^+]}{[\text{OH}^-]}$

6 $\frac{[\text{OH}^-]}{[\text{H}^+]}$

7 $\frac{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]}$

8 $\frac{[\text{H}_2\text{O}]}{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}$

- (2) 式(1)における正反応は吸熱反応であり、その熱化学方程式は、以下の式(2)のように表される。



また電気伝導度の測定により、25℃においては

$$[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-7} \text{ mol/L} \quad \cdots (3)$$

と求められている。このとき、水のイオン積 K_{W} に関連する以下の4つの記述から誤っているものを一つ選び、その番号を (ウ) に答えなさい。

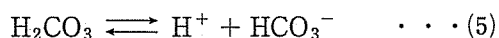
(ウ)の解答群

- 1 K_{W} は純水や中性の水溶液だけでなく、水の電離が妨害されないような希薄な酸や塩基の水溶液でも、温度が変わらなければほぼ一定の値を示す。
- 2 25℃における K_{W} は、 $1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$ である。
- 3 25℃における $[\text{OH}^-]$ が $1.0 \times 10^{-9} (\text{mol/L})$ の水溶液について、そのpHは5となる。
- 4 温度が上がるほど、 K_{W} は徐々に小さくなる傾向を示す。

- (3) 二酸化炭素(CO_2)は水に溶解し、その一部が水と反応し炭酸(H_2CO_3)となる。水中において CO_2 と H_2CO_3 の間になりたつ平衡反応の平衡定数を K_1 とすると、 K_1 は以下の式(4)のように定義できる。

$$K_1 = \frac{[\text{H}_2\text{CO}_3]}{[\text{CO}_2]} \quad \dots (4)$$

また、生成した炭酸は水溶液中において以下に示す式(5)の反応により速やかに電離し、炭酸水素イオン(HCO_3^-)との間に電離平衡が成立する。



この反応の平衡定数を K_2 とする。炭酸水素イオンのさらなる電離は無視できるものとし、弱酸の電離平衡であることを考慮すると $[\text{H}^+] = [\text{HCO}_3^-]$ が近似的に成立する。このとき分子状態で溶解している二酸化炭素濃度を C [mol/L]としたとき、水溶液中の水素イオン濃度は $[\text{H}^+] = \boxed{\text{(工)}} \text{ [mol/L]}$ と表される。

(工)の解答群

- | | | | |
|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| 1 $\sqrt{C}$ | 2 $\sqrt{K_1 K_2}$ | 3 $\sqrt{CK_1 K_2}$ | 4 $\frac{1}{\sqrt{CK_1 K_2}}$ |
| 5 $\sqrt{\frac{K_1 K_2}{C}}$ | 6 $\sqrt{\frac{C}{K_1 K_2}}$ | 7 $\sqrt{\frac{CK_1}{K_2}}$ | 8 $\sqrt{\frac{CK_2}{K_1}}$ |

(4) ヒトの血液には二酸化炭素が溶けていて、血液は二酸化炭素と炭酸水素イオンによる緩衝液になることで、pH が中性付近に保たれていると考えられる。また肺における二酸化炭素の分圧は約 5.0×10^{-2} Pa である。そこで単純なモデルとして二酸化炭素の水溶液を考えることで、その水溶液の pH を求めてみる。25℃ において 1.0×10^5 Pa の気体の二酸化炭素と平衡にある水 1.0 L には 3.0×10^{-2} mol の二酸化炭素が分子状態で溶解する。この場合、25℃ において分圧 5.0×10^{-2} Pa に保たれた二酸化炭素と平衡に達した水溶液 1.0 L には (オ) mol の二酸化炭素が溶けている。このとき、二酸化炭素の水への溶解はヘンリーの法則に従うものとする。さらに問(3)の 25℃ における K_1 の値を 3.0×10^{-3} 、 K_2 の値を 2.0×10^{-4} mol/L とすると、この水溶液の pH は (カ) と求められる。 (オ) と (カ) に入る数値として、最も近いものをそれぞれ(オ)と(カ)の解答群から選び、その番号を (オ) , (カ) に答えなさい。

(オ)の解答群

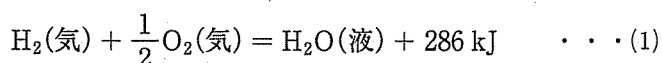
- | | | |
|-------------------------|-------------------------|------------------------|
| 1 1.5×10^{-10} | 2 3.0×10^{-10} | 3 1.0×10^{-9} |
| 4 1.5×10^{-9} | 5 3.0×10^{-9} | 6 1.0×10^{-8} |
| 7 1.5×10^{-8} | 8 3.0×10^{-8} | 9 1.0×10^{-7} |

(カ)の解答群

- | | | |
|-------|-------|-------|
| 1 6.6 | 2 6.8 | 3 7.0 |
| 4 7.2 | 5 7.4 | 6 7.6 |
| 7 7.8 | 8 8.0 | 9 8.2 |

- 4 化学反応とエネルギーに関する問(1)から(3)の記述を読み、 に入るべき正しい解答をそれぞれの解答群から一つずつ選び、その番号を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。(25点)

(1) 電気エネルギーを用いると、水を水素と酸素に分解することができる。逆に水素と酸素を反応させることで、電気エネルギーを得ることができる。代表的な水素－酸素燃料電池は、水素を燃焼させて発生するエネルギーの一部を電気エネルギーに変える装置である。このとき、下線部を表記した熱化学方程式は、 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、 25°C において以下のように記述される。

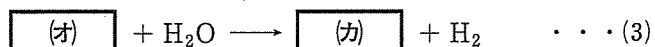


この熱化学方程式(1)に関して、以下の5つの記述から誤っているものを一つ選び、その番号を (ア) に答えなさい。

(ア)の解答群

- 1 反応の温度が異なれば、反応熱の値(286 kJ)は変わる。
- 2 反応の圧力が異なれば、反応熱の値(286 kJ)は変わる。
- 3 右辺の $\text{H}_2\text{O}(\text{液})$ が $\text{H}_2\text{O}(\text{気})$ に変われば、反応熱の値(286 kJ)は変わる。
- 4 この反応に触媒を用いると、反応熱の値(286 kJ)は変わる。
- 5 反応の途中経路が異なったとしても、反応熱の値(286 kJ)は変わらない。

(2) 水素—酸素燃料電池について、正極に (イ)，負極に (ウ) をそれぞれ活物質として供給し、電解液として KOH 水溶液を用いたものは、有人宇宙船の電源に用いられ、発電後に生じた (エ) は、乗組員の飲料として使われた実績がある。一方、家庭用でも使える水素—酸素燃料電池の燃料となる水素は、それぞれ以下の式(2)と式(3)で表されるような、家庭用燃料ガスの主成分であるメタンと水蒸気を高温で反応させる改質反応と、これに続く水性ガスシフト反応で製造する方法が一般的である。



(イ)から(カ)の解答群

1 H_2 2 O_2 3 CO 4 CO_2 5 H_2O

(3) 水素—酸素燃料電池において、問(1)の反応で示される水素 1 mol あたりが燃焼したときに発生するエネルギー(286 kJ/mol)のうち、22.4 % が電気エネルギーに変えられるとする。一般家庭の一日 24 時間あたりの平均使用電力総量が約 20 kW/日であることから、25 % 程度の余裕を考慮して 25 kW を 3600 秒 × 24 時間で割ると、単位時間(1 秒)あたり 0.286 J/s の発電が必要となる。この電力を得るのに必要な 1 秒あたりの水素の供給量(L/s)を見積もってみよう。

簡単のために、反応は 25 °C で行うものとする。0 °C における水素 1 mol の占める体積は 22.4 L とし、1 秒間に V_H [L/s] の水素(25 °C)を供給したとすると、供給された水素の物質量は (キ) [mol/s] のように表される。

(キ)の解答群

1 $V_H \times \frac{1}{22.4}$

2 $V_H \times 22.4$

3 $V_H \times \frac{273}{273 + 25}$

4 $V_H \times \frac{273 + 25}{273}$

5 $V_H \times \frac{273}{273 + 25} \times \frac{1}{22.4}$

6 $V_H \times \frac{273}{273 + 25} \times 22.4$

7 $V_H \times \frac{273 + 25}{273} \times \frac{1}{22.4}$

8 $V_H \times \frac{273 + 25}{273} \times 22.4$

次に水素 1 mol が 1 秒間反応したときに得られる電気エネルギーが、
 286 kJ/mol の 22.4 % であることに注意して、一日あたりの反応に必要な水素
 の体積を求めてみる。0.286 J/s の電力を得るのに必要な単位時間あたりの水
 素の供給量 V_H [L/s] は、(ク) L/s となる。これより一般家庭が一日に
 消費する電力量を燃料電池でまかなおうとすると、一日あたりの必要な水素供
 給量はおよそ (ケ) L と見積もられる。

(ク)の解答群

- | | | |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 1 1.09×10^{-5} | 2 5.79×10^{-5} | 3 9.16×10^{-5} |
| 4 1.09×10^{-4} | 5 5.79×10^{-4} | 6 9.16×10^{-4} |
| 7 1.09×10^{-3} | 8 5.79×10^{-3} | 9 9.16×10^{-3} |

(ケ)の解答群

- | | | |
|-------|-------|--------|
| 1 0.1 | 2 0.5 | 3 1.0 |
| 4 5.0 | 5 10 | 6 50 |
| 7 100 | 8 500 | 9 1000 |

5 次の文章を読み、問(1)から(8)に答えなさい。

(35 点)

炭素同素体の一つである (ア) の炭素原子間の結合は、すべて単結合である。一方で、炭素同素体のなかでも、黒鉛、カーボンナノチューブ、 (イ) 、グラフェンは、炭素原子間に二重結合を有する。炭素原子間に単結合を有する飽和炭化水素をアルカン、二重結合を有する不飽和炭化水素をアルケンと呼ぶ。さらに、炭素原子間に三重結合を有する不飽和炭化水素をアルキンと呼ぶ。また、アルキンの一つである (1) 三分子から合成できるベンゼンは、ケクレ構造 (図1) では炭素原子間に二重結合を有するが、実際のベンゼンの反応性は、アルケンとは大きく異なる。たとえば、臭素の水溶液にアルケンの一種であるエチレンを大過剰量吹き込むと、水溶液の色は (ウ) に変化するが、ベンゼンに臭素を加えるだけでは色の変化はない。ベンゼンを臭素と反応させるには、一般的に、触媒が必要になる。これに対して、 (エ) の水溶液に過剰量の臭素水を加えて反応させると、白色の (オ) が析出する。また、 (エ) を塩基性水溶液中で (2) と反応させると、赤橙色の *p*-ヒドロキシアゾベンゼンを生じる。なお、 (エ) は工業的にはクメン法で合成される。芳香族アミンであるアニリンも、ベンゼンから合成することができる。一方で、塩化アルミニウムを用いてベンゼンと塩化アセチル(CH_3COCl)を反応させると、アセトフェノンが得られる。

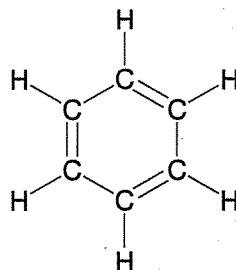


図1 ケクレ構造

- (1) ア から エ にあてはまる最も適切な単語を解答群から一つずつ選び、その番号を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。解答が01の場合は、十の位には0を、一の位には1をそれぞれマークしなさい。

(ア)から(エ)の解答群

01 アセチレン	02 クロロベンゼン	03 ナフタレン
04 フラーレン	05 アントラセン	06 ピクリン酸
07 チロシン	08 ダイヤモンド	09 シクロヘキサン
10 プロリン	11 メタン	12 トルエン
13 ブタジエン	14 グルコース	15 安息香酸
16 フェノール	17 無水フタル酸	18 アニリン
19 サリチル酸	20 アセトアミノフェン	21 エタノール
22 赤 色	23 青 色	24 黄 色
25 緑 色	26 紫 色	27 無 色

- (2) ① にあてはまる分子について誤っている説明文を解答群から一つ選び、その番号を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。

(2)の解答群

- 1 ① は溶接用の燃焼ガスとして用いられる。
- 2 カルシウムカーバイドと水から ① を合成できる。
- 3 ① に水を付加させるとエチレンになる。
- 4 ① を臭素水と反応させると、色が変化する。
- 5 ① の分子では、すべての原子が同一直線上にある。

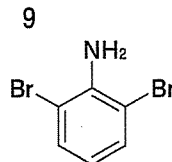
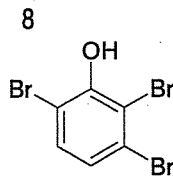
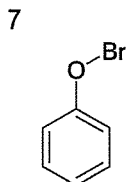
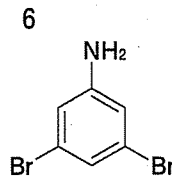
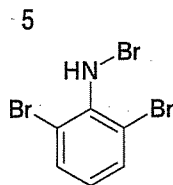
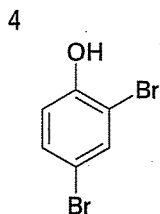
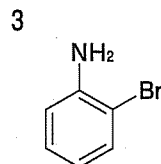
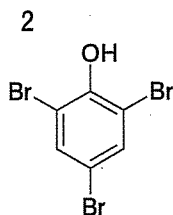
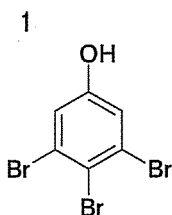
- (3) にあてはまる化合物について、正しい説明文を解答群から一つ選び、その番号を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。

(3)の解答群

- 1 塩化水素と亜硫酸ナトリウム、アニリンを反応させると が得られる。
- 2 塩化水素と亜硝酸ナトリウム、フェノールを反応させると が得られる。
- 3 は安定であり、室温で保存することができる。
- 4 が水と反応して分解すると気体が発生し、アニリンが生成する。
- 5 が水と反応して分解すると気体が発生し、フェノールが生成する。

- (4) にあてはまる化合物に対応する化学構造式を解答群から一つ選び、その番号を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。

(4)の解答群



- (5) 下線部③に示すように、ベンゼンを原料として様々な化合物が合成されている。それらの反応や化合物に関連する、誤っている説明文を解答群から二つ選び、その番号を各々解答用マークシートの指定された欄(i), (ii)にマークしなさい。解答の順序は問わない。

(5)の解答群

- 1 ニトロベンゼンを、触媒存在下、水素を用いてアニリンに還元できる。
- 2 濃硝酸とベンゼンを混合すると、ニトロベンゼンが得られる。
- 3 ベンゼンスルホン酸からフェノールを合成することができる。
- 4 アニリンと無水酢酸の混合物を加熱すると、アセチルサリチル酸が生じる。
- 5 クロロベンゼンは、ベンゼン、塩素、鉄粉を混合することで得られる。
- 6 スズと塩化水素を用いてニトロベンゼンを還元した後、中和すると、アニリンが得られる。

- (6) 下線部④でアセチル化が進行したことを確認するため、図2の反応を行ったところ、有機化合物 A と黄色沈殿を生成した。本反応で得られる有機化合物 A の構造式として最も適切なものを解答群から一つ選び、その番号を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。

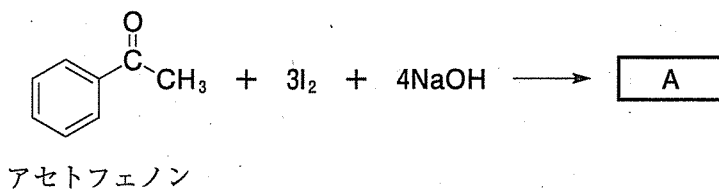
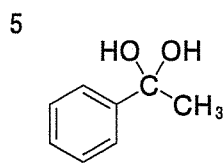
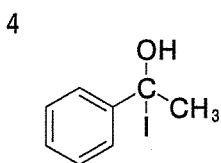
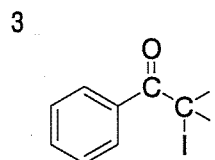
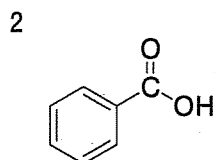
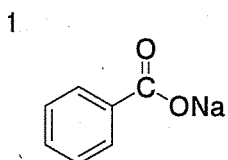


図2

(6)の解答群



- (7) 図3のように、触媒として塩化アルミニウム(AlCl_3)を用い、10.0 gのベンゼンと14.0 gの塩化アセチル(CH_3COCl)を反応させ、すべてのベンゼンが反応したとする。このとき発生した塩化水素をすべて、水酸化ナトリウム3.92 gを溶解させた水溶液1000 mL中に誘導し、吸収させた。得られた水溶液のpHを求め、最も近い数値を解答群から一つ選び、その番号を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。なお、反応で発生した塩化水素は、すべて水酸化ナトリウム水溶液に溶解したものとし、水溶液中の塩化水素は完全電離しているものとする。

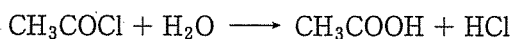


図3 ベンゼンと塩化アセチルの反応

(7)の解答群

1	1.00	2	1.50	3	1.75	4	2.00	5	2.25
6	2.50	7	2.75	8	3.00	9	3.50		

- (8) 問(7)の図3に示すように、10.0 gのベンゼンと14.0 gの塩化アセチル(CH_3COCl)を用いて反応させ、すべてのベンゼンのアセチル化が完全に進行した後、生じた塩化水素をすべて、反応容器内から完全に除去した。その後、反応容器内に純水を加え、未反応の塩化アセチルを次式のように完全に反応させたところ、すべての塩化アセチルは酢酸に変化した。



得られた水溶液を希釈し、体積を500 mLにしたとき、水溶液のpHを求め、最も近い数値を解答群から一つ選び、その番号を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。触媒として加えた塩化アルミニウムの量はわずかで、その反応は無視できるものとする。塩化アセチルと水の反応で生じた物質はすべて水に溶解したものとする。ただし、酢酸の電離の影響は無視できるほど小さいものとする。その他の条件は問(7)と同様である。

(8)の解答群

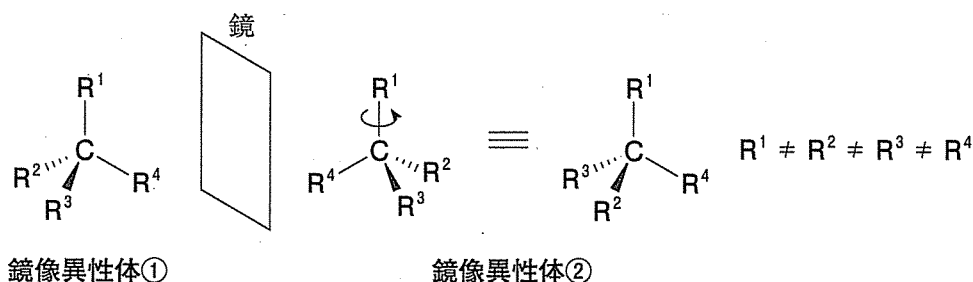
1	1.00	2	2.00	3	3.00	4	3.50	5	4.00
6	4.50	7	5.00	8	5.50	9	6.00		

(下書き用紙)

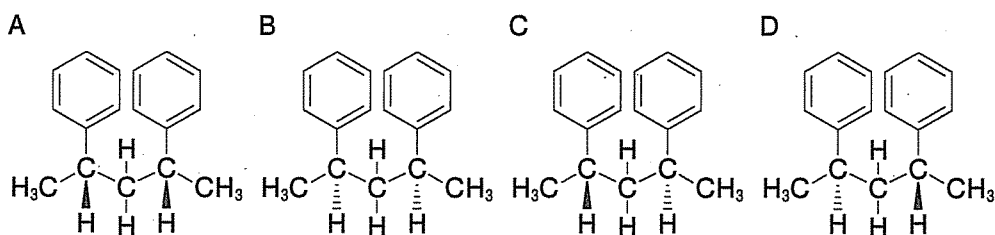
6

いくつかの不斉炭素を含む化合物に関する次の文章を読み、問(1)から(3)に答えなさい。(15点)

- (1) 次の図1に示すように、1つの不斉炭素を有する分子は、左右対称とならず、鏡像異性体をもつ。鏡像異性体①と鏡像異性体②は、互いに、鏡に対する実像と鏡像の関係にあり、重ね合わせることができない。



一方で、2つの不斉炭素を有する左右対称の分子のなかには、鏡像異性体をもたない構造が存在することがある。次の図2のAからDの構造式のなかで、鏡像異性体をもたないものをすべて含む番号を解答群から一つ選び、その番号を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。



(1)の解答群

- | | | | | |
|---------------------------|-------|-------|-------|-------|
| 0 A | 1 B | 2 C | 3 D | 4 AとB |
| 5 AとC | 6 AとD | 7 BとC | 8 BとD | 9 CとD |
| 10 A, B, C, Dすべて鏡像異性体をもつ。 | | | | |

- (2) 次の図3の化合物Eの立体異性体は全部でいくつ描けるか、その数の十の位と一の位を、解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。たとえば、解答が1のときには、十の位に0、一の位に1をマークしなさい。

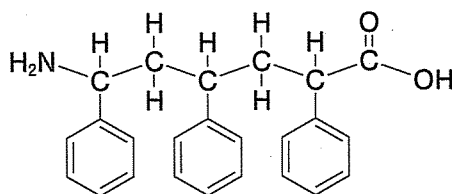
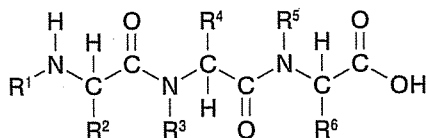


図3 化合物E

- (3) 以下のアミノ酸1から5のうち、異なる3つのアミノ酸であるX, Y, Zが組み合わさったトリペプチドTの立体異性体の総数は全部で4つであったことから、アミノ酸Xは ア であることがわかった。トリペプチドTを含む水溶液に対し、濃硝酸を加えて熱すると黄色になり、さらにアンモニア水を加えて塩基性になると、橙黄色になったことから、アミノ酸Yは イ であることがわかった。また、トリペプチドTを含む水溶液に、水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱した後、酢酸鉛(Ⅱ)水溶液を加えると、黒色沈殿が生じたことから、アミノ酸Zは ウ であることがわかった。ア から ウ にあてはまる適切な化学構造式を解答群から一つずつ選び、その番号を解答用マークシートの指定された欄に、それぞれマークしなさい。



トリペプチドの一般式

(3)の解答群

