

# 化 学

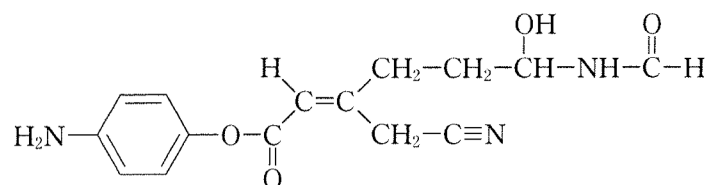
教育学部・医学部・工学部・応用生物科学部

## 問題冊子

### 注意事項

1. 試験開始の合図があるまで、問題冊子を開かないこと。
2. 本問題冊子は 10 ページで、医学部は解答用紙 4 枚、その他の学部は解答用紙 5 枚である。落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所などがあった場合には、ただちに試験監督者に申し出ること。
3. 受験番号は医学部 4 枚、その他の学部 5 枚の解答用紙のそれぞれ指定した欄すべてに必ず記入すること。
4. 問題は 5 題である。教育学部・工学部・応用生物科学部の受験生は、5 題すべてに解答すること。
5. 医学部の受験生は、問題 **1** , **2** , **3** , **4** に解答すること。
6. 解答は解答用紙の指定箇所に記入すること。指定箇所以外に記入された解答は採点の対象としない。
7. 解答用紙は持ち帰らないこと。問題冊子は持ち帰ること。
8. 大問ごとに満点に対する配点の比率を表示してある。
9. 必要があれば、次の数値を用いよ。計算結果は、特に指定がない限り有効数字 2 桁で示すこと。  
原子量：H = 1.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Na = 23.0, S = 32.0, Cl = 35.5,  
Fe = 55.8, Cu = 63.5, Ca = 40.0, Al = 27.0  
アボガドロ定数： $N_A = 6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$ , 気体定数： $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ ,  
ファラデー定数： $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$   
 $\sqrt{2} = 1.41$ ,  $\sqrt{3} = 1.73$ ,  $\sqrt{5} = 2.24$ ,  $\sqrt{7} = 2.65$   
 $\log_{10} 2 = 0.301$ ,  $\log_{10} 3 = 0.477$ ,  $\log_{10} 5 = 0.699$ ,  $\log_{10} 7 = 0.845$
10. 気体は指定がない限り理想気体としてふるまうものとする。
11. 構造式は、特に指定がない限り、次の例にならい簡略に記すこと。

(例)



1 次の文章を読み、以下の問1から問7に答えよ。

(配点比率 医：25%，教育・工・応生：20%)

炭化水素を完全燃焼すると、二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)と水(H<sub>2</sub>O)になるとともに、熱エネルギーが放  
(a)出される。CO<sub>2</sub>は大気中に約  % (体積) 含まれており、炭化水素  
燃料等を燃焼することで地球温暖化の原因物質の一つと考えられているCO<sub>2</sub>の濃度が増加す  
る。アルカンの完全燃焼では、生成するCO<sub>2</sub> 1 molあたりの燃焼熱で比較することで、同じ熱量  
を得るには炭素数の小さなアルカンの方が、CO<sub>2</sub>発生量が少なくすむことがわかる。したがっ  
て火力発電所では、メタン(CH<sub>4</sub>)を主成分とする天然ガスを燃料とすることが多くなってきてい  
る。実験室においてCO<sub>2</sub>は炭酸カルシウム(CaCO<sub>3</sub>)に希塩酸(HCl)を加えることで得ることが  
できる。発生したCO<sub>2</sub>は  置換または水上置換で捕集される。また、CO<sub>2</sub>  
は水に少し溶けることが知られており、水と反応して  <sup>(c)</sup>を生じる。身近なと  
ころでは飲料として利用されている。今後はCO<sub>2</sub>を分離・回収して積極的に再利用することが  
提案されている。

CO<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>Oの分子構造に注目する。CO<sub>2</sub>はCとOが、H<sub>2</sub>OはHとOが共有結合している。異なる二  
原子間の共有結合で電荷に偏りがあるときに、結合に  があるという。多原子分子では、分子  
の形が分子の  と関係している。CO<sub>2</sub>の∠O-C-O(結合角)は    
である。一方H<sub>2</sub>Oの∠H-O-H(結合角)は  <sup>(d)</sup>である。したがって  
CO<sub>2</sub>には分子全体として  がなく、一方H<sub>2</sub>Oには分子全体として  <sup>(e)</sup>がある。  
16族元素の水素化合物のなかで、H<sub>2</sub>Oは他の同族の水素化合物と比べて沸点が  
 <sup>(f)</sup>ことは、分子間にファンデルワールス力よりかなり強い引力  
である  がはたらいていることと関係している。H<sub>2</sub>Oの固体、すなわち氷は、液体の  
水より密度が低い。これは氷の立体構造が、水分子間に  <sup>(f)</sup>がはたらいていることで作  
られていることと関係している。

問 1.  ~  ,  ~  にあてはまる適切な数値または語句  
を{ }内から選び、それぞれ答えよ。また、 と  にあてはまる適  
切な語句をそれぞれ答えよ。

問 2. 下線部(a)について、以下の(1)~(3)に答えよ。生成するH<sub>2</sub>Oは液体とする。

(1) プロパン(C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>) (気)を完全燃焼し、CO<sub>2</sub>(気)とH<sub>2</sub>O(液)となったときの燃焼熱は  
2.22 × 10<sup>3</sup> kJ/molである。C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> 1 molの完全燃焼を熱化学方程式で示せ。ただし熱量は  
有効数字3桁で答えよ。

- (2)  $\text{CH}_4$ (気)、 $\text{CO}_2$ (気)、 $\text{H}_2\text{O}$ (液)の生成熱は、それぞれ 75 kJ/mol、394 kJ/mol、286 kJ/mol である。 $\text{CH}_4$  1 mol の完全燃焼を熱化学方程式で示せ。
- (3)  $\text{CH}_4$ (気)および $\text{C}_3\text{H}_8$ (気)の完全燃焼において、生成する $\text{CO}_2$  1 mol あたりの燃焼熱 [kJ] をそれぞれ求めよ。

問 3. 下線部(b)について、以下の(1)および(2)に答えよ。

- (1) 化学反応式を示せ。
- (2)  $\text{CaCO}_3$  4.0 g を入れた容器に 2.0 mol/L の  $\text{HCl}$  50 mL を加えた。発生した  $\text{CO}_2$  の物質量 [mol] を求めよ。

問 4. 下線部(c)について、以下の問に答えよ。

0°Cにおいて、0.55 L の密閉容器に  $\text{CO}_2$  0.056 mol と水 0.10 L を入れたところ、しばらくして平衡に達した。このときの容器内の  $\text{CO}_2$  の圧力 [Pa] と水に溶解した  $\text{CO}_2$  の物質量 [mol] を求めよ。なお、気体の溶解度と圧力の間にはヘンリーの法則が成り立つとし、0°Cにおいて  $\text{CO}_2$  の圧力が  $1.0 \times 10^5$  Pa のとき水 1.0 L に  $\text{CO}_2$  は  $7.7 \times 10^{-2}$  mol 溶けるものとする。また、 $\text{CO}_2$  が溶解することによる水の体積変化、および水の蒸気圧は無視できるものとする。

問 5. 下線部(d)について、 $\text{CO}_2$  の  $\angle\text{O}-\text{C}-\text{O}$  と同じ結合角を以下の①~④からすべて選び、記号で答えよ。該当するものがない場合には、解答欄に「なし」と記せ。

- ①  $\text{CH}_4$  の  $\angle\text{H}-\text{C}-\text{H}$                       ② エタン ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ) の  $\angle\text{H}-\text{C}-\text{C}$   
③ エチレン ( $\text{C}_2\text{H}_4$ ) の  $\angle\text{H}-\text{C}-\text{C}$               ④ アセチレン ( $\text{C}_2\text{H}_2$ ) の  $\angle\text{H}-\text{C}-\text{C}$

問 6. 下線部(e)について、水に溶けやすい物質を以下の①~④からすべて選び、記号で答えよ。該当するものがない場合には、解答欄に「なし」と記せ。

- ① 塩化水素 ( $\text{HCl}$ )                                      ② ヨウ素 ( $\text{I}_2$ )  
③ エタノール ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ )                              ④ ヘキサン ( $\text{C}_6\text{H}_{14}$ )

問 7. 下線部(f)について、氷が水より密度が低い理由を 40 字程度で説明せよ。

2

以下の問1と問2に答えよ。

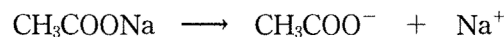
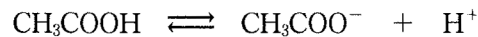
(配点比率 医：25%，教育・工・応生：20%)

問1. 次の文章を読み、以下の(1)～(4)に答えよ。

酸と塩基が反応すると、酸から塩基へ水素イオン  $H^+$  が移動し、互いの性質を打ち消す中和反応が起こる。例えば、 $HCl$  と  $NaOH$  水溶液を混合すると水と正塩である  $NaCl$  が生成する。一方、 $NaH_2PO_4$  のように化学式中に酸の  $H$  が残っている塩を酸性塩という。

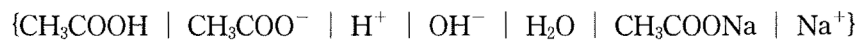
水に溶けたとき電離する物質を **ア** という。酢酸は水溶液中で一部しか電離しないが、酢酸ナトリウムは水溶液中でほぼ完全に電離する。酢酸ナトリウム水溶液で生じたイオンのうち、**イ** は水の電離で生じた **ウ** とは反応しない。一方、**エ** は一部の **オ** と反応して、**カ** と **ウ** を生じる。これを塩の加水分解という。

酢酸と酢酸ナトリウムの混合水溶液中で、イオンがどのように存在しているのか考えてみよう。酢酸、酢酸ナトリウムおよび水は、水溶液中で次のように電離している。



酢酸と酢酸ナトリウムの混合水溶液に少量の酸を加えると、水溶液中に多量に存在する **エ** と反応して **カ** が生成するので、**キ** はほとんど増加しない。一方、この混合水溶液に少量の塩基を加えると、多量に存在する **カ** と **ウ** が反応して **オ** が生成するので、**ウ** はほとんど増加しない。このように少量の酸や塩基を加えても、水溶液の  $pH$  の値をほぼ一定に保つはたらきを **ク** 作用という。

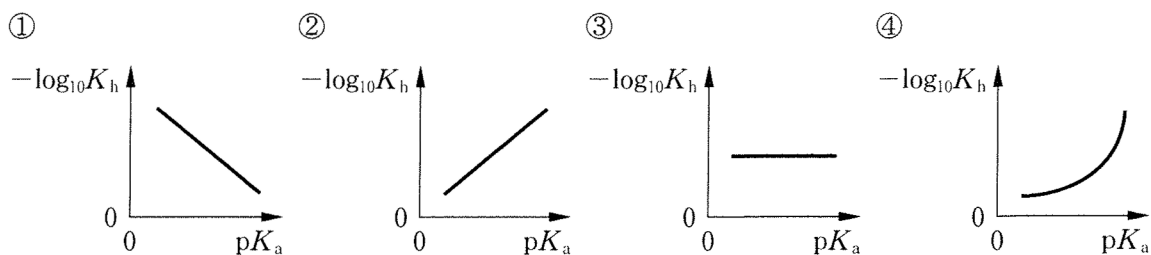
- (1) **ア** および **ク** にあてはまる適切な語句をそれぞれ答えよ。また、**イ** ～ **キ** にあてはまる適切な化学式を{ }内から選び、それぞれ答えよ。



- (2) 下の表に示した塩①～⑥の水溶液が、酸性、中性、塩基性のいずれを示すか分類し、記号で答えよ。

正塩	酸性塩
① $Na_2CO_3$	④ $NaHCO_3$
② $NaNO_3$	⑤ $NaHSO_4$
③ $(NH_4)_2SO_4$	⑥ $Na_2HPO_4$

- (3) 弱酸の電離定数  $K_a$  と水のイオン積  $K_w$  から求められる加水分解定数  $K_h$  の式は、 $K_h = \frac{K_w}{K_a}$  で与えられる。その両辺の逆数に常用対数をとるとき、最も適切な図を①～④の中から一つ選び、記号で答えよ。ただし、 $pK_a = -\log_{10}K_a$  とする。



(4) 酢酸と酢酸ナトリウム水溶液をそれぞれ  $2.00 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$  となるように調製した。酢酸と酢酸ナトリウム水溶液を体積比 1 : 1 および 4 : 1 で混合したときの pH をそれぞれ求めよ。ただし、pH は 小数点以下 2 桁 まで求めよ。25 °C における酢酸の電離定数  $K_a = 2.7 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$  とする。

問 2. 次の文章を読み、以下の(1)~(3)に答えよ。ただし、25 °C における  $\text{AgCl}$  の溶解度積  $K_{sp} = [\text{Ag}^+][\text{Cl}^-] = 1.8 \times 10^{-10} (\text{mol/L})^2$ 、 $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  の溶解度積  $K_{sp} = [\text{Ag}^+]^2[\text{CrO}_4^{2-}] = 3.6 \times 10^{-12} (\text{mol/L})^3$  とする。

沈澱滴定法(モール法)を用いて、試料に含まれる塩化物イオンの濃度を求めるために、以下の操作を行った。

[操作] 市販のしょう油 10.0 mL をホールピペットではかり取り、蒸留水を加えて 1.00 L の溶液 A を調製した。溶液 A 10.0 mL をホールピペットを使ってコニカルピーカーにとり、指示薬  $\text{K}_2\text{CrO}_4$   $2.50 \times 10^{-5} \text{ mol}$  を含む微量の水溶液を加えた。<sup>かくはん</sup> 攪拌している溶液 A にビュレットを使って  $2.00 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$  の  $\text{AgNO}_3$  水溶液を 1 滴滴下すると、溶液が白色にうすくにごり、 $\text{AgCl}$  の生成が確認できた。さらに滴下しつづけるとにごりが増していき、15.0 mL 加えたとき、<sup>(a)</sup> うすい暗赤色の  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  の沈殿が生じはじめたため、<sup>(b)</sup> 滴定の終点とした。

- (1) 下線部(a)において、先に  $\text{AgCl}$  が沈殿する理由として正しいものを以下の①~④の中からすべて選び、記号で答えよ。
- ①  $\text{AgCl}$  は  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  よりも水に対する溶解度が小さいから
  - ②  $\text{AgCl}$  は  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  よりも水に対する溶解度が大きいから
  - ③  $\text{AgCl}$  は  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  よりも小さな  $[\text{Ag}^+]$  の値で沈殿するから
  - ④  $\text{AgCl}$  は  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  よりも大きな  $[\text{Ag}^+]$  の値で沈殿するから
- (2) 下線部(b)における溶液中の  $[\text{Ag}^+]$  を求めよ。
- (3) 市販のしょう油 10.0 mL 中に含まれる  $\text{NaCl}$  の質量(g)を求めよ。ただし、 $\text{Cl}^-$  はすべて  $\text{NaCl}$  由来とする。

3

以下の問1と問2に答えよ。

(配点比率 医：25%，教育・工・応生：20%)

問1. 次の文章を読み、以下の(1)~(3)に答えよ。

炭素，水素，酸素からなる化合物 A ~ D は，いずれも同じ分子式で表される化合物である。これらの化合物の構造を調べる目的で，実験 I ~ VI を行い，その結果を表にまとめた。

[実験 I] 化合物 A を 3.70 mg 秤量し，元素分析装置で完全に燃焼させると，二酸化炭素 8.80 mg，水 4.50 mg が生じた。また，分子量測定を行ったところ，化合物 A の分子量は 74 であった。

[実験 II] 化合物 A ~ D をそれぞれ別の試験管に取り，米粒大の金属ナトリウムを入れたところ，<sup>(a)</sup> いずれも水素の発生が確認できた。

[実験 III] 化合物 A ~ D をそれぞれ別の試験管に取り，銅線を加熱して得た酸化銅を熱いうちに試験管内に導入した。この操作を数回繰り返したのち，試験管内にアンモニア性硝酸銀水溶液を加えて約 60℃ の水浴内で加熱した。しばらくするといくつかの試験管の内壁に銀鏡が観察された。

[実験 IV] <sup>(b)</sup> 化合物 B ~ D をそれぞれ別の試験管に取り，濃硫酸を加えて加熱すると脱水反応が進み，分子式  $C_4H_8$  で表される異なる化合物 E ~ G が得られた。化合物 E ~ G はいずれも気体であり，適した方法を用いて捕集した。化合物 F は 2 種類の立体異性体の混合物であった。

[実験 V] 化合物 E ~ G をそれぞれ別の試験管に取り，臭素水を加えてよく振り混ぜるといずれの試験管の溶液も臭素の赤褐色が消失し，無色となった。

[実験 VI] ヨウ素ヨウ化カリウム水溶液の入った試験管を 4 本用意し，化合物 A ~ D をそれぞれ数滴加えてよく振り混ぜた。次に，その試験管に 2 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液を加えてよく振り混ぜたところ，化合物 D では特有の臭気をもつ黄色沈殿が生じた。

[実験結果]

	化合物 A	化合物 B	化合物 C	化合物 D	化合物 E	化合物 F	化合物 G
[実験 II] 水素の発生	○	○	○	○	/	/	/
[実験 III] 銀鏡の生成	○	○	×	×	/	/	/
[実験 IV] 新たに得られた化合物	/	E	E	F, G	/	/	/
[実験 V] 赤褐色の消失	/	/	/	/	○	○	○
[実験 VI] 黄色沈殿の生成	×	×	×	○	/	/	/

○：確認できた

×：確認できなかった

- (1) 下線部(a)において、化合物 A と金属ナトリウムの反応を化学反応式で示せ。
- (2) 化合物 B ～ G の構造式を示せ。また、不斉炭素原子をもつ化合物の場合には、不斉炭素原子を○で囲め。化合物 F については 2 種類の立体異性体を示せ。
- (3) 下線部(b)の結果から、化合物 A が銅線によって変化したと考えられる化合物 H の構造式を示せ。

問 2. 次の文章を読み、以下の(1)～(3)に答えよ。

ベンゼン環をもつ化合物(芳香族化合物)は、医薬品、染料、ビタミンなどわれわれの生活のなかで広く利用されている。化合物 I ～ K は、これらの物質を合成するための原料として用いられる芳香族化合物である。その構造を調べるために、実験 VII ～ XI を行った。

[実験 VII] 元素分析および質量分析の測定結果から、化合物 I ～ K はいずれも分子式が  $C_7H_8O$ 、分子量 108 であることがわかった。

[実験 VIII] 試験管に取った化合物 I の水溶液に、プロモチモールブルー (BTB) 溶液を加えると黄色を呈した。一方で、化合物 J および K の水溶液は、BTB 溶液の添加によっていずれも緑色を呈した。

[実験 IX] 化合物 I ～ K をそれぞれ別の試験管に取り、米粒大の金属ナトリウムを加えると、化合物 I および J は発熱して反応したが、化合物 K では反応はみられなかった。

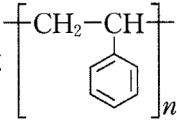
[実験 X] 化合物 I は置換基の位置が異なる 3 種類の異性体のうちの一つであり、混酸(濃硝酸と濃硫酸の混合物)を使用したニトロ化反応では、一つのニトロ基が導入された化合物 L が得られた。化合物 L は 2 種類の構造異性体の混合物であった。

[実験 XI] 化合物 J を穏やかな条件で酸化すると、フェーリング反応を示す化合物 M が生成した。

- (1) 下線部(c)の化合物 I およびその異性体の構造式を示せ。
- (2) 化合物 J ～ M の構造式を示せ。化合物 L については 2 種類の異性体を示せ。
- (3) 塩化鉄(III)水溶液を加えると呈色反応を示す化合物を、化合物 I ～ M の中からすべて選び、記号で答えよ。該当するものがない場合には、解答欄に「なし」と記せ。

4 次の文章を読み、以下の問1から問5に答えよ。

(配点比率 医：25%，教育・工・応生：20%)

分子量が1万をこえる物質は、高分子化合物、あるいは単に高分子とよばれる。ここでは一種類もしくは数種類の小さな構造単位が共有結合でつながっている高分子化合物を取りあげる。人工的につくられた高分子化合物を合成高分子化合物とよぶ。合成高分子化合物では、構造単位となる小さな分子を単量体といい、その重合により合成される化合物中の構造単位のくり返し数  $n$  は **ア** とよばれる。代表的な合成高分子化合物の一つである **イ** は  のように表されるが、実際の化合物中にはいろいろな値の  $n$  をもつ分子が含まれている。そのため分子量としては平均分子量が用いられる。一方、デンプンやセルロース、タンパク質など、天然に存在する高分子化合物は、天然高分子化合物とよばれる。一部の天然高分子化合物は、石油などから作られる合成高分子化合物にはない特徴を有している。<sup>(a)</sup>

1930年代には高分子化合物の分子量をどのように測定するかが科学上の大きな問題であった。<sup>(b)</sup> 今日では、高分子化合物の分子量をはじめとするさまざまな特性と構造・性状を調べる測定技術の開発が進み、得られた理解を基礎に、合成高分子化合物や天然高分子化合物を利用したさまざまな高分子材料が開発されている。

問 1. **ア** および **イ** にあてはまる適切な語句をそれぞれ答えよ。

問 2. 下線部(a)について、この特徴にあてはまるものを以下の①～③の中から一つ選び、記号で答えよ。

- ① 多糖やタンパク質では、分子間に水素結合がはたらいている。
- ② 綿や麻、あるいは毛や絹は、繊維として利用できる。
- ③ タンパク質や核酸では、数種類以上の単量体が固有の数と順序で配列している。

問 3. 下線部(b)について、以下の(1)および(2)に答えよ。

- (1) 分子量を測定する方法の一つに凝固点降下法がある。0.01 K の位まで測定できる超高性能温度計を用いて、化合物の分子量を求めることを考えよう。その化合物は水 1000 mL (1.0 kg) に 1.4 g まで溶解するとする。水のモル凝固点降下を  $1.85 \text{ K} \cdot \text{kg/mol}$  とし、上述の濃度まで凝固点降下の規則性が成り立つとするとき、測定可能な分子量の最大値を有効数字1桁で求めよ。
- (2) 高分子の平均分子量は浸透圧から求めることができる。ある高分子化合物 1.4 g を溶解させて 1.0 L とした溶液の浸透圧が  $27^\circ\text{C}$  において  $3.00 \times 10^2 \text{ Pa}$  であった。溶液が希薄溶液とみなせるとき、この高分子化合物の平均分子量を求めよ。



問 4. ナイロン 66 を次のような実験で合成した。この実験に関して以下の(1)~(3)に答えよ。

[実験] 5.1 g のヘキサメチレンジアミンを温めて、1.0 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 100 mL と混合した。次に 2.1 mL (2.6 g) のアジピン酸ジクロリド  $\text{ClCO}(\text{CH}_2)_4\text{COCl}$  を 100 mL のヘキサンに溶解させ、この溶液を先の水溶液にゆっくり加えると、容器内の溶液は二層に分離し、二層の境界面にナイロン 66 が生成した。

- (1) この反応の反応式を示せ。ただし、構造単位のくり返し数を  $n$  とし、高分子末端は明記せず、本文中 

イ
---

 の例のように記せ。
- (2) 得られたナイロン 66 の平均分子量が  $1.35 \times 10^4$  であったとする。構造単位のくり返し数  $n$  の平均値を求めよ。
- (3) 上記実験において境界面に生成するナイロン 66 をすべて回収したとする。理論的に得られるナイロン 66 の質量 [g] を求めよ。

問 5. 高分子化合物は小さな構造単位が共有結合でつながり高分子化することで、もとの構造単位にはない新たな性状を示す。以下の(1)~(7)の文はそれぞれの高分子化合物が示す現象に関する記述である。その現象が高分子化によって獲得した性状に由来する場合には○、特定の部位に由来し高分子化には直接関係しない場合は×を記せ。

- (1) 水中のゼラチン分子は 1 個でコロイド粒子になる。
- (2) ポリエチレンは不純物を含まなくとも一定の融点を示さない。
- (3) ポリエチレンテレフタレートはフィルムや PET ボトルなどの種々の成形品に加工することができる。
- (4) 核酸は酸性を示す。
- (5) デンプンには比較的水に溶けやすい成分と水に溶けにくい成分がある。
- (6) デンプン水溶液にヨウ素ヨウ化カリウム水溶液を加えると青紫色に呈色する。
- (7) タンパク質水溶液にニンヒドリン水溶液を加えて温めると赤紫~青紫色に呈色する。

5

次の文章を読み、以下の問1から問9に答えよ。

(配点比率 教育・工・応生：20%)

アルミニウム Al は  族に属する元素であり、原子は3個の価電子を放出して、3価の陽イオンになりやすい。自然界では単体として存在せず、化合物として地殻中に約8% (質量%) 含まれる。<sup>(a)</sup> 単体のアルミニウムは、原料鉱石のボーキサイトを精製して得られる酸化アルミニウムを、氷晶石 ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ) とともに熔融塩電解 (融解塩電解)<sup>(b)</sup> することで得られる。アルミニウムは密度が  $2.7 \text{ g/cm}^3$  と比較的低くやわらかい銀白色の金属<sup>(c)</sup> で、薄く広げて箔にすることが<sup>(d)</sup> できる性質である  や、線状に引き延ばすことができる性質<sup>(e)</sup> である  に富み、電気や熱の伝導性も高い。このような性質を利用し、家庭用品や電気材料<sup>(f)</sup>、および建築材料<sup>(g)</sup> として使用される。また、アルマイト製品やミョウバン<sup>(h)</sup> としても広く利用されている。

アルミニウムは両性元素で、単体は酸とも強塩基とも反応するが、濃硝酸とは反応しない。<sup>(i)</sup> イオン化傾向が大きいので、身近な金属の中で最も酸化されやすく、燃焼熱も大きい。<sup>(j)</sup> 酸素中で高温に熱すると、激しく燃焼して酸化アルミニウムになる。一方、空気中で放置した場合には酸化が内部まで進行しにくい。<sup>(k)</sup> また、アルミニウムイオンを含んだ水溶液に塩基を少量加えると、半透明白色でゲル状の水酸化アルミニウム<sup>(l)</sup> が沈殿する。

問 1.  ~  にあてはまる適切な数字や語句をそれぞれ答えよ。

問 2. 下線部(a)について、地殻中に約 28% (質量%) 存在し、酸素に次いで多い元素の名称を答えよ。

問 3. 下線部(b)について、熔融塩に 15.0 A の電流を 16 分 5 秒間流したとき、得られるアルミニウムの質量 [g] を求めよ。結果は、計算の過程とともに有効数字 3 桁で求めよ。ただし、流した電流はすべて、アルミニウムイオンの還元に使われるものとする。

問 4. 下線部(c)について、アルミニウムは、電気抵抗がアルミニウムの  $\frac{2}{3}$  である銅と比べ、単位質量あたりより多くの電気を運ぶことができるため、高電圧用の送電線として使用されている。アルミニウムは銅の何倍の電気を運ぶことができるか有効数字 1 桁で求めよ。ただし、銅の密度は  $9.0 \text{ g/cm}^3$  とする。

問 5. 下線部(d)について、ミョウバン  $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  結晶中の  $[\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$  と  $[\text{K}(\text{H}_2\text{O})_6]^+$  の配置は下図のように表され、 $\text{NaCl}$  の結晶における  $\text{Na}^+$  と  $\text{Cl}^-$  の位置関係と同じである。また、 $\text{SO}_4^{2-}$  は両イオンを結びつける役割をしている。単位格子中には、 $\text{SO}_4^{2-}$  が何個含まれるかを求めよ。

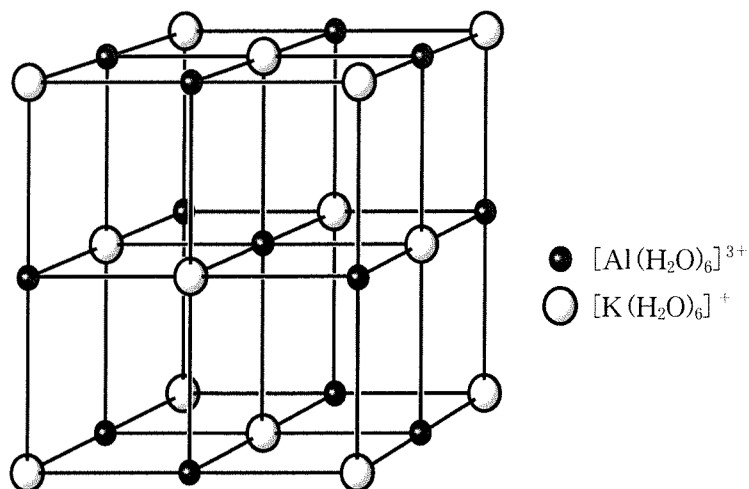


図 ミョウバンの結晶の単位格子におけるイオンの配置図  
(ただし、 $\text{SO}_4^{2-}$  イオンは描かれていない)

問 6. 下線部(e)について、アルミニウムは酸とも塩基とも反応し、いずれも同じ気体を発生する。その気体の名称を答えよ。また、アルミニウムと水酸化ナトリウム水溶液の反応について、化学反応式を示せ。

問 7. 下線部(f)および(h)について、どちらの現象もアルミニウムに特徴的な性質に基づいている。その理由を答えよ。また、このような状態を示す名称を答えよ。

問 8. 下線部(g)の性質を利用して、アルミニウムと酸化鉄(Ⅲ)の粉末を混合して点火すると、アルミニウムが還元剤としてはたらき、鉄の単体が得られる。この反応について、化学反応式を示せ。また、この反応の名称を答えよ。

問 9. 下線部(i)について、水酸化アルミニウムに塩酸、水酸化ナトリウム水溶液またはアンモニア水をそれぞれ加えた。化学反応が起こる場合にはその反応式を示し、起こらない場合には解答欄に「なし」と記せ。