

## 令和6年度・個別学力検査

# 理 科 (前)

### 注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
2. この冊子は28ページあります。
3. 試験開始後、落丁・乱丁・印刷不鮮明の箇所があったら申し出なさい。
4. 解答はすべて解答用紙に、それぞれの問題の指示にしたがって記入しなさい。
5. この冊子のどのページも切り離してはいけません。ただし、余白等は適宜利用してかまいません。
6. 試験終了後、問題冊子は持ち帰りなさい。
7. 試験開始後、全科目の解答用紙4枚とともに氏名(カタカナ)及び受験番号を記入しなさい。受験番号が正しく記入されていない場合は、採点できないことがあります。また、氏名(カタカナ)及び受験番号以外の文字、数字などは、絶対に記入してはいけません。

令和6年度個別学力検査

医学部 前期日程  
理 科 問 題

名古屋市立大学 学生課入試係 052-853-8020

許可なしに転載、複製  
することを禁じます。

◇M11(515-88)

# 化 学

## 化学問題 1

次の文章を読み、問1～問8に答えよ。ただし、電子1個がもつ電荷の絶対値は  $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$  とし、結合エネルギーは表1の値を、イオン化エネルギー( $I$ )と電子親和力( $F$ )は表2の値を用いよ。

表1 結合エネルギー

結合	結合エネルギー [kJ/mol]
F—F	153
Cl—Cl	242

表2 各元素の原子1個あたりのイオン化エネルギー( $I$ )と電子親和力( $F$ )

元素	イオン化エネルギー( $I$ ) [ $\times 10^{-19} \text{ J}$ ]	電子親和力( $F$ ) [ $\times 10^{-19} \text{ J}$ ]
H	21.8	1.2
C	23.4	2.1
O	29.7	5.4
F	33.4	5.6

電気陰性度は、原子が電子を引き寄せる強さを表す数値である。ポーリングは二原子分子の結合エネルギーから、はじめて電気陰性度を定義した。2種類の元素Aと元素Bがあり、化学結合A—A、B—B、A—Bの結合エネルギーをそれぞれ  $E(\text{A—A})$ 、 $E(\text{B—B})$ 、 $E(\text{A—B})$  としたとき、次の(1)式で示される  $\Delta E$  を考える。

$$\Delta E = E(\text{A—B}) - \frac{E(\text{A—A}) + E(\text{B—B})}{2} \dots\dots\dots(1)$$

化学結合 A—B を完全な共有結合とみなせば、A—B の結合エネルギーは、A—A の結合エネルギーと B—B の結合エネルギーの平均値と等しくなり、a となるはずである。逆に b であれば、化学結合 A—B の電荷がかたよるため、イオン結合性が生じ、これが共有結合に加えて、結合エネルギーの増加をもたらしている。よって、 $\Delta E$  の大きさが電荷のかたより、すなわち電気陰性度を反映している。

ポーリングは  $\Delta E$  の平方根が、原子 A と原子 B の電気陰性度  $x_A$  および電気陰性度  $x_B$  の差に比例すると考え、次の(2)式で示されるように、電気陰性度の数値を与えた。ただし、ここではエネルギーの単位は kJ/mol である。

$$|x_A - x_B| = \sqrt{\frac{\Delta E}{96.5}} \quad \dots\dots\dots(2)$$

その後、マリケン はイオン化エネルギーと電子親和力から電気陰性度を定義した。マリケン は分子の極性を考える際に、まず極端な構造として二原子分子 AB の各原子がイオン化した構造を考えた。つまり  $A^+B^-$  または  $A^-B^+$  である。 $A^+B^-$  の場合、二原子分子 AB が、全体では中性を保ちながら、イオンの対をなす構造になるためには、A 原子から電子を奪い、B 原子に電子を与え、安定化すればよい。その結果、二原子分子 AB が  $A^+B^-$  というイオン構造になったとき、放出されるエネルギー  $D_{A^+B^-}$  は次の(3)式で与えられる。ここで  $F_B$  は B 原子の電子親和力、 $I_A$  は A 原子のイオン化エネルギー、 $C$  はクーロン力による安定化エネルギーである。

$$D_{A^+B^-} = F_B - I_A + C \quad \dots\dots\dots(3)$$

一方、二原子分子 AB が  $A^-B^+$  というイオン構造になったとき、放出されるエネルギー  $D_{A^-B^+}$  は次の(4)式で与えられる。ここで  $F_A$  は A 原子の電子親和力、 $I_B$  は B 原子のイオン化エネルギー、 $C$  はクーロン力による安定化エネルギーである。

$$D_{A^-B^+} = F_A - I_B + C \quad \dots\dots\dots(4)$$

$A^+B^-$  と  $A^-B^+$  のどちらの構造がより安定であるかは、これらの差、 $x_{AB} = D_{A^+B^-} - D_{A^-B^+}$  を考えればよい。<sup>(ii)</sup>  $x_{AB}$  が正の場合は、 $A^+B^-$  がより安定に、 $x_{AB}$  が負の場合は、 $A^-B^+$  がより安定になる。この式を変形してわかるように、 $\boxed{c}$  の値がより大きい原子が分子中で負の電荷を帯びると考えられ、マリケンは  $\boxed{c}$  の  $\frac{1}{2}$  を電気陰性度と定義した。ポーリングの電気陰性度とマリケンの電気陰性度との間にはおおよそ比例関係がある。

マリケンの電気陰性度の定義からもわかるように、電荷のかたよりから分子の極性が生じる。分子の結合の極性の大きさを示す尺度として、図に示すように電気双極子モーメントがあり、分子構造や結合のイオン結合性を調べるのに役立つ。



図 電気双極子モーメント

例えば二原子分子であれば、正電荷を  $+q(C)$  と負電荷  $-q(C)$  が距離  $r(m)$  だけ離れているとき、電気双極子モーメント  $\mu$  は次の(5)式で与えられる。単位は  $C \cdot m$  である。

$$\mu = q \times r \quad \dots\dots\dots(5)$$

電気双極子モーメント  $\mu$  が 0 の分子を無極性分子という。

多原子分子の場合は、各結合に関わる電気双極子モーメント  $\mu$  の大きさと、正電荷から負電荷への方を持つベクトルと同じように考え、それらのベクトルの和により、分子全体の極性を考える。よって、ジブロモベンゼンの各異性体の中で無極性の異性体は、 $\boxed{d}$  ジブロモベンゼンであり、トリプロモベンゼンの各異性体の中で無極性の異性体は、 $\boxed{e}$  トリプロモベンゼンである。

問 1.  と  に当てはまる適切な式を次の中から選び、数字で記せ。

- ①  $\Delta E < 0$       ②  $\Delta E = 0$       ③  $\Delta E > 0$

問 2. 下線部(i)について、フッ素の電気陰性度を 4.00, 塩素の電気陰性度を 3.20 とおいたときの F—Cl の結合エネルギー (kJ/mol) を求めよ。ただし、有効数字は 3 桁とする。

問 3. 下線部(ii)について、 $x_{AB}$  を、 $F_A$ ,  $F_B$ ,  $I_A$ ,  $I_B$ ,  $C$  の中から必要なものを用いて記せ。

問 4.  を、 $F$  と  $I$  を用いて記せ。

問 5. 次の各結合について、極性の大きな順番に左から数字を並べよ。また、そう考えた理由を、各元素のマリケンの電気陰性度の値を使って述べよ。ただし、原子間距離は同じと仮定する。

- ① H—C      ② H—O      ③ H—F

問 6. 水素原子から塩素原子に電子が 1 個引き寄せられた場合、 $H^+Cl^-$  というイオン構造になるのに対し、HCl 分子では水素原子から塩素原子に電子が 0.18 個分、引き寄せられているとみなすことができる。水素原子と塩素原子の原子間距離を  $1.3 \times 10^{-10}$  m とすると、HCl 分子の電気双極子モーメントの大きさ ( $C \cdot m$ ) を求めよ。ただし、有効数字は 2 桁とする。

問 7.  と  に当てはまる最も適切なものを次の選択肢から選び、①～⑧の数字で記せ。

- ① 1, 1-      ② 1, 2-      ③ 1, 3-      ④ 1, 4-  
⑤ 1, 2, 3-      ⑥ 1, 2, 4-      ⑦ 1, 2, 5-      ⑧ 1, 3, 5-

問 8. ジブロモベンゼンの C—C 間を結ぶ図形が正六角形であり、すべての原子が同一平面上にあると仮定する。各 C—Br 結合の電気双極子モーメントの大きさを  $\mu_1$  としたとき、*o*-ジブロモベンゼンおよび、*m*-ジブロモベンゼンの分子全体の電気双極子モーメントの大きさを、それぞれ  $\mu_1$  を用いて表せ。ただし、分子内の臭素原子どうしの反発や C—H 結合の極性は無視する。

## 化学問題 2

次の文章[I]～[III]を読み、問1～問9に答えよ。

[I] 化学反応において、反応の前後における物質のもつ化学エネルギーの差の一部が光として放出される現象を化学発光という。科学捜査における血痕の鑑識法である  反応は、化学発光の例であり、反応の際に青い光を発する。血液中のヘモグロビンは  を含むため、 反応の触媒として働き、微量の血液を検出するのに有効である。

ギ酸に濃硫酸を加えて加熱すると気体の  が発生する。気体  は、血液中のヘモグロビンと結合することで、生体内で酸素運搬能が低下するため酸素不足に陥る。

物質に光をあてると、物質が光エネルギーを吸収して、化学反応がおこることがある。これを光化学反応という。臭化銀は、光が当たると、光エネルギーを吸収して銀の微粒子を生成し、黒変する。このような性質を  といひ、写真フィルムに応用される。また、植物は光のエネルギーを用いて、二酸化炭素と水から糖類を合成し、<sup>①</sup>酸素を発生させる。

問 1.  ～  に入る最も適切な語句を記せ。

問 2. 気体  について考えられる電子式を記せ。

問 3. 下線部<sup>①</sup>について、光合成でグルコース  $C_6H_{12}O_6$ (固)が生成する反応は次の熱化学方程式で表されるものとする。

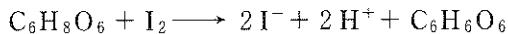


反応熱  $Q$  の値を、次の表の中から必要な値を利用して求めよ。また、いずれの数値も常温常圧下での値とする。

表

グルコース $C_6H_{12}O_6$ (固) の生成熱	1273 kJ/mol
$CO_2$ (気) の生成熱	394 kJ/mol
$H_2O$ (液) の生成熱	286 kJ/mol

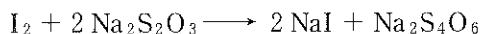
- [II] ある濃度の硫酸銅(II)水溶液 20.0 mL に十分量のヨウ化カリウム水溶液を  
 ② 加えると、ヨウ化銅(I)の白色沈殿を生じるとともにヨウ素が生成した。この  
水溶液に少量のデンプン水溶液を加え、0.200 mol/L のチオ硫酸ナトリウム水  
溶液で滴定したところ、36.0 mL 加えた時点で溶液の色が変化し、当量点に達  
した。一方、ヨウ素は、ビタミンC(アスコルビン酸、 $C_6H_8O_6$ )と次の化学反  
応式に示すように反応する。



- この反応は、酸化還元反応であり、ビタミンCの定量に用いることができ  
 ③ る。

問 4. 下線部②について、化学反応式を記せ。

問 5. 下線部②について、硫酸銅(II)水溶液のモル濃度(mol/L)を有効数字3桁で求めよ。ただし、生成したヨウ素をチオ硫酸ナトリウム水溶液で滴定するときの化学反応式は、次のとおりとする。



問 6. 下線部③について、ビタミンCの定量は、過マンガン酸カリウムを用いても行える。ある濃度のビタミンC水溶液 30.0 mL を硫酸酸性下で、0.020 mol/L の過マンガン酸カリウム水溶液で滴定したところ、当量点に達するまでに 24.0 mL 要した。ビタミンCのモル濃度(mol/L)を有効数字3桁で求めよ。



[Ⅲ] ケイ素は、岩石や鉱物の成分元素として、地殻中で酸素の次に多く存在する元素である。ケイ素は、自然界には単体では存在しないが、酸化物を電気炉内で  により還元すれば単体のケイ素が得られる。単体のケイ素は、金属光沢があり、電気伝導性は金属と非金属の中間の大きさで、  の性質を示す。一方、二酸化ケイ素の結晶は共有結合結晶に分類される。二酸化ケイ素を炭酸ナトリウムとともに  $1300\text{ }^{\circ}\text{C}$  で融解させると、  を生じる。  に水を加えて加熱すると、  とよばれる無色透明で粘性の大きな液体が得られる。

問 7.  ~  に入る最も適切な語句を記せ。ただし、  は化学式で記せ。

問 8. ケイ素は、ダイヤモンドと同じ結晶構造をもつ。ケイ素の単位格子に含まれる原子の数はいくつか答えよ。また、ケイ素はきわめて純度の高い結晶を得ることができ、この結晶を用いて、高い精度でアボガドロ定数が測定された。ケイ素の単位格子の一辺を  $L[\text{cm}]$ 、ケイ素の原子量を  $M$ 、ケイ素の密度を  $d[\text{g}/\text{cm}^3]$  としたとき、アボガドロ定数  $N_A[/math> (/mol)] を、  $L$ 、  $M$ 、  $d$  を用いて表せ。$

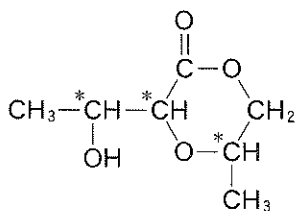
問 9. 弱酸であるフッ化水素酸は、ガラス瓶ではなくポリエチレン容器に保存する必要があるが、その理由を化学反応式を用いて説明せよ。

### 化学問題 3

次の文章〔I〕および〔II〕を読み、問1～問8に答えよ。

必要に応じて次の数値を使用せよ。原子量は  $H = 1.00$ ,  $C = 12.0$ ,  $N = 14.0$ ,  $O = 16.0$  とする。構造式を解答する際には、例にならって記せ。

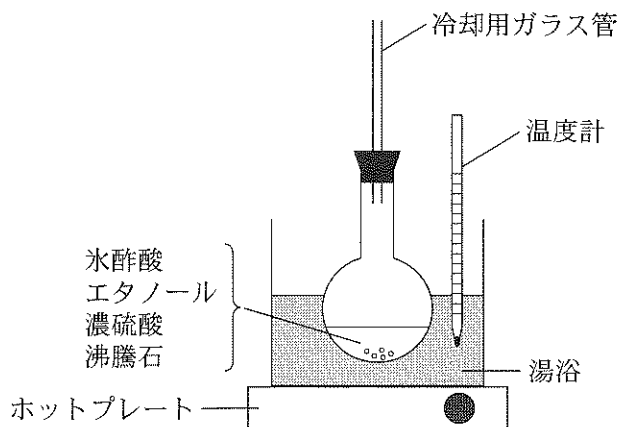
[例]



〔I〕 酢酸エチルの合成と分離・精製を行うため、実験1および実験2を行った。

実験1 図のような装置を用いて、氷酢酸40.0gとエタノール150 mL (比重  $0.789 \text{ g/cm}^3$ ) を入れた丸底フラスコに少量の濃硫酸と沸騰石を加え、湯浴で1時間加熱した。室温になるまで冷却後、丸底フラスコ内の溶液を冷却した水に注ぐと、水層と有機層の2層に分離した。

実験2 実験1で得られた上層を分液ろうとにすべて移し、炭酸水素ナトリウム水溶液を加えて振り混ぜながら、発生する気体を放出させた。静置して2層に分離させた後、下層を除いた。次に、残った上層からエタノールと水を取り除く操作を行った。得られた液体を蒸留すると、純粋な酢酸エチルが得られた。



図

- 問 1. エステルの合成は、カルボン酸の OH とアルコールの H から水が生成する反応である。このことを酸素の安定同位体である  $^{18}\text{O}$  を利用して確かめる方法を、水酢酸とエタノールから酢酸エチルが生成する反応式を用いて簡潔に説明せよ。
- 問 2. 下線部(a)において、濃硫酸の役割を簡潔に記せ。
- 問 3. 実験 2 で用いた分液ろうとを図示せよ。ただし、中に入っている液体を描く必要はない。
- 問 4. 下線部(b)の操作を行う理由について、化学反応式を用いて説明せよ。
- 問 5. 実験 1 および実験 2 により、純粋な酢酸エチル 22.0 g が得られた。収率は何%になるか。有効数字 3 桁で記せ。ただし、反応が完全に進行した場合に得られる収量を基準として、生成物の収量を割合で表したものを収率(%)とよぶ。

問 6. 水に溶解した有機化合物のベンゼンによる抽出について考える。水 100 mL に酢酸エチル 1.0 g が溶解した溶液 A がある。ここで、酢酸エチルに対するベンゼンと水の分配係数  $K_D$  を  $K_D = C_{\text{ベンゼン}}/C_{\text{水}} = 4.0$  とする。ただし、 $C_{\text{ベンゼン}}$  と  $C_{\text{水}}$  は、それぞれベンゼン層と水層における酢酸エチルの濃度である。溶解前後における液体の体積変化は無視できるものとし、抽出する際に液体の温度は変化しないものとする。答えは、有効数字 2 桁で記せ。

- (1) 溶液 A にベンゼン 100 mL を加えてよく振り混ぜたとき、何 g の酢酸エチルがベンゼン中に抽出されるか。
- (2) 溶液 A に、まずベンゼン 50 mL を加えてよく振り混ぜて酢酸エチルをベンゼン中に抽出し、残った酢酸エチル水溶液に新たにベンゼン 50 mL を加えて酢酸エチルを抽出したとき、合わせて何 g の酢酸エチルがベンゼン中に抽出されるか。

[II] 分子式  $C_{11}H_{20}O_5$  で表される化合物 **A** に関して、実験 3 ~ 実験 7 を行った。

実験 3 1 mol の化合物 **A** を水酸化ナトリウムで完全に加水分解すると、直鎖カルボン酸である 2 mol の化合物 **B** のナトリウム塩と 1 mol の化合物 **C** が生じた。

実験 4 化合物 **A** は、化合物 **B** と脱水縮合して、化合物 **D** を生じた。

実験 5 化合物 **C** は、硝酸と脱水縮合して、血管拡張作用のある化合物 **E** ( $C_3H_5N_3O_9$ ) を生じた。

実験 6 化合物 **A** は銀鏡反応を示さないが、化合物 **A** を穏やかに酸化すると、銀鏡反応を示す化合物 **F** を生じた。

実験 7 化合物 **F** をさらに酸化したのち、塩酸で完全に加水分解すると、化合物 **B** とカルボン酸である化合物 **G** が得られた。

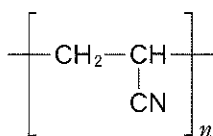
問 7. 化合物 **A**, **D**, **F**, **G** の構造式を記せ。不斉炭素があれば、例にならって\*印をつけよ。

問 8. 化合物 **B** のカルボニル基から 3 つ目の炭素上の水素 1 つをヒドロキシ基に置換した化合物 **H** は、分子内脱水して化合物 **J** を生じた。化合物 **J** の構造式を記せ。ただし、カルボニル基のとなりの炭素を 1 つ目とする。不斉炭素があれば、例にならって\*印をつけよ。

## 化学問題 4

次の文章を読み、問1～問5に答えよ。必要に応じて次の値を使用せよ。原子量は  $H = 1.00$ ,  $C = 12.0$ ,  $N = 14.0$ ,  $O = 16.0$  とする。高分子化合物は例を参考にして書け。

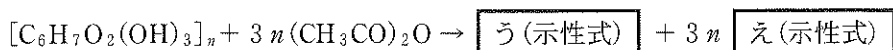
[例]



( $n$  : 重合度)

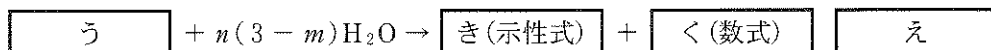
多くの高分子化合物は小さな構成単位が繰り返し結合した構造をしており、この構成単位となる小さな分子を単量体という。単量体として酢酸ビニルを あ(語句) 重合させるとポリ酢酸ビニルとなる。このポリ酢酸ビニルを水酸化ナトリウムで加水分解すると、別の高分子である い(物質名) が得られる。い をホルムアルデヒド水溶液で処理すると合成繊維ビニロンができる。ビニロンは適度な吸湿性をもつ。単量体としてアジピン酸とヘキサメチレンジアミンを縮合重合することにより合成される 6,6-ナイロン(ナイロン66) も繊維として広く使われている。生体内の酵素や自然環境中で微生物によって分解される高分子化合物を生分解性高分子という。例えば、ポリ乳酸は生分解性高分子であり、食品トレイや包装用フィルムなどに用いられる。ポリ乳酸は、乳酸2分子を脱水縮合させて環状のラクチドを合成し、これを開環重合させてつくられる。

セルロースは植物の細胞壁の主成分であり、自然界に多量に存在する天然高分子化合物である。セルロースはβ-グルコースが縮合重合した(C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>5</sub>)<sub>n</sub>の分子式で表される。セルロースの構成単位であるグルコース部分には3個のヒドロキシ基が存在し、いろいろな酸と反応してエステルをつくる。硫酸や塩化亜鉛などの存在下で、セルロースを無水酢酸によってエステル化するとアセチルセルロースが生成する。この反応を酢化という。ここで、(C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>5</sub>)<sub>n</sub>を示性式[C<sub>6</sub>H<sub>7</sub>O<sub>2</sub>(OH)<sub>3</sub>]<sub>n</sub>とおくと、トリアセチルセルロースが生成するときの反応式は、



で表される。トリアセチルセルロースのエステル結合を部分的に加水分解して紡糸すると繊維が得られる。

アセチルセルロースを完全に加水分解したときに生成する酢酸の、もとのアセチルセルロースに対する割合(質量%)を酢化度という。例えば、トリアセチルセルロースの場合、グルコース単位あたりの分子量は  $\boxed{\text{お(数値)}}$  であり、そこから加水分解により3分子の酢酸が生成するので、酢化度は62.5%となる。同様に、ジアセチルセルロースの酢化度は  $\boxed{\text{か(数値)}}$  %となる。通常、酢化度45%以上のアセチルセルロースからなる繊維をアセテート、あるいはアセテート繊維<sup>(c)</sup>という。ここで、アセチルセルロースのグルコース単位あたりのアセチル基の平均置換数(これを置換度とよぶ)を  $m$  とすると、トリアセチルセルロースの加水分解の反応式は、



で表される。

問 1.  内の指示にしたがって、 あ  ~  く  に最も適切な語句・物質名・示性式・数値・数式を記せ。ただし、数値はいずれも有効数字 3 桁で書け。

問 2. 下線部(a)の理由を、その構造にもとづいて簡潔に説明せよ。

問 3. 下線部(b)の高分子を、150 個のアジピン酸と 150 個のヘキサメチレンジアミンを結合させて合成すると分子量は理論上いくらになるか計算せよ。ただし、この高分子の末端にはカルボキシ基とアミノ基がいずれも反応しないで 1 個ずつ残っているものとする。また、この高分子を 3 mol 合成するとき、同時に生成する水は理論上何 g になるか計算せよ。いずれも有効数字 5 桁まで求め、答えは整数で書け。

問 4. ビニロンおよびポリ乳酸の構造式をそれぞれ書け。

問 5. 下線部(c)に関連して、よく乾燥させたアセテート 0.500 g を適当な溶媒に溶かし、0.200 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 50.0 mL を加え、エステル結合をすべて加水分解した。加水分解後の溶液を中和するのに 0.200 mol/L の塩酸 27.5 mL を要した。このアセテートの酢化度と置換度をそれぞれ計算せよ。答えはいずれも有効数字 3 桁で書け。



