

# 2024年度入試 問題訂正

監督者各位

受験生に対して、問題訂正があることを口頭で伝え、下枠の内容を黒板に書いてください。問題訂正の要領は「監督者の手引き」を参照してください。

## 問題訂正

化学A

2 ページ   〔 I 〕   問 1

(誤) 語句

(正) 語句もしくは数字

## 解答はすべて別紙の解答用紙に記入しなさい

〔 I 〕 次の文を読み、問に答えよ。必要ならば以下の数値を用いよ。

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

炭素は周期表の  族に属する  元素で、 個の価電子を持ち、炭素原子どうしは互いに価電子を  してできる  結合をつくる。 元素は、周期表において 1, 2 族と 12~18 族の元素であり、原子番号の増加とともに価電子の数が規則的に変化し、周期律をはっきりと示すとともに、同族元素はよく似た性質を示す。(a)炭素の同素体の例として  や  がある。 はその美しさから装飾品として使われるとともに、極めて硬く、電気の絶縁性や熱伝導性が高いことから、工業製品においても研磨剤や放熱板など、様々な用途に使用されている。また  は鉛筆の芯や電極などに使用されている。微小な  の結晶が不規則に集合した物質は無定形炭素と呼ばれ、特に表面積の大きい多孔質の構造を持つ  は種々の物質を吸着する性質があり、脱臭剤や脱色剤などに用いられている。

炭素は原子量の基準にもなっている。原子の質量は極めて小さく、例えばグラムのような通常用いる質量の単位では取り扱いにくい。そこで原子核に含まれる陽子の数と中性子の数の和である  が 12 の炭素原子 ( $^{12}\text{C}$ ) 1 つの質量を 12 と決め、それぞれの原子について  $^{12}\text{C}$  を基準として何倍にあたるかを表す  という値を用いる。

問 1. 空欄  ~  に最も適した語句を入れよ。

問 2. 下線部 (a) に関して、同素体とはどのようなものか説明せよ。また、炭素の同素体の例を  と  以外に 2 つ答えよ。

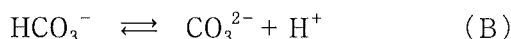
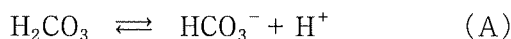
問 3.  $^{12}\text{C}$  の原子 1 個の質量をグラム単位で求めよ。

炭素を燃焼させると二酸化炭素や一酸化炭素が生じる。(b)一酸化炭素は実験室ではギ酸に濃硫酸を加えて加熱することで発生させる。一酸化炭素は空気中で青白色の炎を出して燃焼し、二酸化炭素になる。高温の一酸化炭素は強い還元作用を持ち、金属の酸化物を還元する。二酸化炭素は、実験室では炭酸カルシウムに希塩酸を加えることで発生させる。二酸化炭素を石灰水に通すと白濁する。(c)この白濁した水溶液にさらに過剰に二酸化炭素を加えると白濁が消える。この反応は自然界でもみることができる。二酸化炭素が溶けた地下水が石灰岩中の炭酸カルシウムを溶かすことで地下に空洞ができ、鍾乳洞ができる。鍾乳洞中で炭酸水素カルシウムを含む水溶液から二酸化炭素が放出されて、炭酸カルシウムが析出し、鍾乳石や石筍ができる。

問4. 下線部 (b), (c) を化学反応式で記せ。なお, (b) については解答用紙の  に適した化学式を入れること。

問5. 地球の大気 (20℃, 1.013 × 10<sup>5</sup> Pa) には二酸化炭素が体積で 0.040% 含まれている。この大気と平衡にある水に溶解している二酸化炭素の濃度 (mol/L) を求めよ。なお, 気体は理想気体として振る舞い, 20℃, 1.013 × 10<sup>5</sup> Pa で 1.0 L の水に溶解する二酸化炭素の体積を 0℃, 1.013 × 10<sup>5</sup> Pa の条件に換算した値は 0.88 L である。

問6. 水に溶けた二酸化炭素が水溶液中ですべて炭酸 H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> になるとする。この炭酸は以下のように電離する。



なお, (A) 式と (B) 式の電離定数はそれぞれ  $K_1 = 4.5 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$ ,  $K_2 = 4.7 \times 10^{-11} \text{ mol/L}$  である。

(1) 平衡状態における H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> のモル濃度 (mol/L) をそれぞれ [H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>], [HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>], [CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>] とするとき, [HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>] と [CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>] を K<sub>1</sub>, K<sub>2</sub>, [H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>], [H<sup>+</sup>] のうち必要なものを用いて表せ。

(2) 二酸化炭素が溶解した水溶液に含まれる (ア) H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, (イ) HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, (ウ) CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> について, 水溶液の pH が 4, 8 ならびに 10 のときに最も濃度の高いものと 2 番目に濃度の高いものを選び, (ア)~(ウ) の記号で答えよ。

〔Ⅱ〕 次の文を読み、問に答えよ。必要ならば以下の数値を用いよ。

$$\log_{10} 2 = 0.30, \text{円周率 } \pi = 3.14$$

Si は半導体的性質を持ち、種々のデバイスや太陽電池に利用されているだけでなく、アボガドロ定数  $N_A$  を求めるのにも用いられている。Si には  $^{28}\text{Si}$  (存在比: 92.23%),  $^{29}\text{Si}$  (4.67%),  $^{30}\text{Si}$  (3.10%) の安定  があるが、 $^{28}\text{Si}$  を用いて高純度の結晶を作製し、その原子量  $m(^{28}\text{Si})$ 、結晶の格子定数  $a$ 、密度  $\rho$  を精密測定すると  $N_A$  を求めることができる。図 1 に Si の結晶構造を示す。  $a$  は三方向に同じ値を持つ。Si と同じ族の C は、安定な  $^{12}\text{C}$  (98.93%) と  $^{13}\text{C}$  (1.07%) の他に、 を放出して別の原子核 ( $^{14}\text{N}$ ) に壊変する  $^{14}\text{C}$  が極微量存在する。この様な  を  という。植物が活着しているときは、 $^{14}\text{C}$  を含む大気中の  $\text{CO}_2$  を吸収して光合成を行っているが、伐採され呼吸をしなくなれば  $^{14}\text{C}$  は壊変により減少するだけである。大気中の  $^{14}\text{C}$  の量が今も昔もほとんど変わらないと考えると、減少した  $^{14}\text{C}$  の濃度がわかれば伐採した年代が推定できる。 $^{14}\text{C}$  の半減期は  $5.7 \times 10^3$  年である。また、H の  であるトリチウムは  $^3\text{H}$  であり、半減期は 12.3 年で安定な He に壊変する。 $^3\text{H}$  は宇宙線と大気の反応で自然発生するほか、原子力発電所や核燃料再処理施設でも発生し、水の一部となって存在するので分離が難しく、大気圏や海洋へ計画放出されてきた。

一方、Si 結晶の様な半導体を、人間の目に見える大きさから肉眼で全く見ることができない直径数 nm ( $n$  は接頭語ナノで  $10^{-9}$  を表す) から数十 nm 程度の大きさまで小さくしたものは半導体量子ドット (QD) と呼ばれ、大きなサイズの物質と結晶構造は同じでも全く異なった性質を示す。例えば、cm サイズの Si 結晶は光を吸収しても全く発光しないが、Si QD ではその大きさに応じて可視領域の様々な波長の色で発光する。また、Si QD が吸収しない波長のレーザー光線を Si QD を含む溶液に当てても、光の通路が明るく輝いて見える。この現象を  という。Si QD のように粒子の直径がおおよそ 1 ~ 100 nm の大きさに均一に分散している粒子を  という。

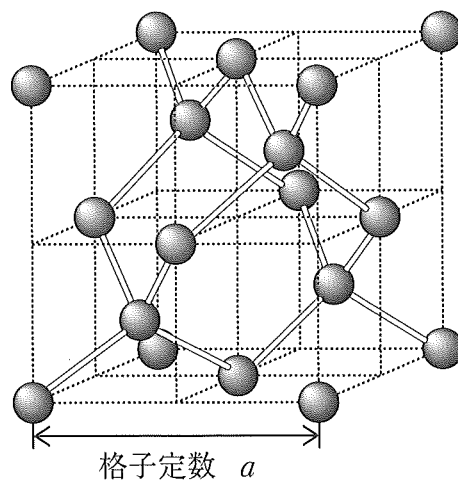


図 1. Si の結晶構造

問 1. 空欄  ~  に適切な語句を入れよ.

問 2.  ${}^3\text{H}$ ,  ${}^{13}\text{C}$ ,  ${}^{30}\text{Si}$  に含まれる陽子, 中性子の数をおのこの答えよ.

問 3. 図 1 を参照して, 単位格子中に含まれる Si 原子の数を求めよ.

問 4. Si 結晶について,  ${}^{28}\text{Si}$  の格子定数を  $a$  [nm], 密度を  $\rho$  [g/cm<sup>3</sup>] とすると, 1 g あたりの原子数は  と表される.  のない原子量に g/mol をつけると 1 mol あたりの質量となるので,  ${}^{28}\text{Si}$  の原子量  $m$ ,  $a$ ,  $\rho$  を用いると, アボガドロ定数  $N_A$  は,  $N_A =$   と求まる. 空欄 ,  に適切な式を,  に適切な語句を入れよ.

問 5.  ${}^{14}\text{C}$  が  ${}^{14}\text{N}$  に壊変する反応速度  $v$  は,  ${}^{14}\text{C}$  の濃度に比例する. この濃度を  $[A]$  とし, 反応速度  $v$  を  $[A]$  の変化量  $\Delta[A]$  や反応時間  $\Delta t$  を用いて表すと  $v =$   となる. また, 反応速度定数を  $k$  とすると, 反応速度式は  $v =$   となる. 空欄 ,  に適切な式を入れよ.

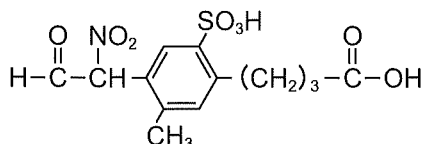
問 6. ある遺跡から発掘された柱の  ${}^{14}\text{C}$  濃度を調べると, 初期の濃度から 20% 減少していた. この柱は何年前に伐採された木材か, 有効数字を考慮して計算せよ.

問 7. 原子力発電所で発生したトリチウムが, 初期濃度の 8 分の 1 まで減少するのに何年を要するか, 有効数字を考慮して計算せよ.

問 8. 直径  $D$  [nm] の球形の Si QD 中に含まれる Si 原子の数  $n$  を求めたい.  $n$  を  $D$ ,  $a$ ,  $\pi$  で表すと,  $n =$   となる. 空欄  に適切な式を入れよ. また,  $D = 3.24$  nm の Si QD に含まれる Si 原子の数  $n$  を有効数字 2 桁で求めよ. Si の格子定数は 0.357 nm である.

〔Ⅲ〕 次の文を読み、問に答えよ。

構造式を示す場合には、以下の例に従って記述せよ。



最も単純な構造のアミノ酸はグリシン (A) であり、グリシンに次いで単純な構造を有するアミノ酸はアラニン (B) として知られている。グリシンと異なり、アラニンは  炭素原子を有するため、鏡像異性体が存在する。アラニンのメチル基の水素原子の1つをカルボキシ基に置き換えたアミノ酸はアスパラギン酸と呼ばれ、こちらも  炭素原子を有する。

アミノ酸どうして脱水縮合が起こると、アミド結合ができる。特に、アミノ酸どうしから生じたアミド結合を  結合という。グリシン2分子から構成されるジ  は構造異性体がない。しかし、一般にジ  には構造異性体が存在する。単一の鏡像異性体からなるアラニンを用いた場合、グリシンとアラニンからなるジ  の構造異性体は  種類である。さらにグリシン1分子とアラニン2分子から構成されるトリ  の構造異性体は  種類ある。用いたアラニンの鏡像異性体の比が1 : 1の混合物だった場合、グリシン1分子とアラニン2分子から構成されるトリ  の構造異性体は鏡像異性体を含めると  種類となる。

アスパラギン酸のアミノ基をヒドロキシ基で置き換えた分子はリンゴ酸 (C) と呼ばれる。リンゴ酸1分子から脱水反応により、水1分子が失われ、化合物DとEが得られた。化合物Dの名称は 、化合物Eの名称は  であり、これらは互いに幾何異性体である。化合物Dを加熱すると、さらに脱水反応が進行し、化合物Fが得られた。一方、化合物Eを加熱しても脱水反応は起こらなかった。

アラニンのアミノ基をヒドロキシ基で置き換えた分子は乳酸 (G) と呼ばれる。乳酸を重合し、低分子量のポリ乳酸を得た。これを加熱することにより、ラクチドHとなった。化合物Hを用いて開環重合を行うと、ポリ乳酸が得られた。なお、化合物Hは  $C_6H_8O_4$  の分子式で表される環状分子であり、エステル結合を有する。乳酸が重合した高分子であるポリ乳酸は生体内の酵素や微生物により水と二酸化炭素に  されることから、環境負荷の小さい生  性高分子として知られている。

問1. 化合物A～Gの構造式を記せ。ただし、鏡像異性体が存在する場合、それらを区別せず記載して良い。

問2. 化合物Hの構造式を記せ。ただし、立体異性体が存在する場合、それらを区別せず記載して良い。

問3. 空欄  ~  に入る適当な語句もしくは数字を記せ.

問4. 下記の (a)~(i) で示す高分子に関して、問に答えよ. ただし、同じものを何度選んでも良い. また、該当するものがない場合には「なし」と記述すること.

- (1) 構造中にエステル結合を有する高分子をすべて選び、記号で答えよ.
- (2) 構造中にエーテル結合、もしくはグリコシド結合を有する高分子をすべて選び、記号で答えよ.
- (3) 構造中にベンゼン環を有する高分子をすべて選び、記号で答えよ.
- (4) 構造中に窒素原子を含む高分子をすべて選び、記号で答えよ.

- (a) セルロース
- (b) ブタジエンゴム
- (c) メラミン樹脂
- (d) ポリエチレンテレフタレート
- (e) ポリ酢酸ビニル
- (f) ナイロン66
- (g) ポリスチレン
- (h) ノボラック
- (i) ポリメタクリル酸メチル