

# 平成31年度入学試験問題（前期日程）

## 化 学

### 出題意図及び正答

#### 問題 1

##### 出題意図

酸素原子，水分子，塩化ナトリウムおよび塩化セシウムを例として，原子，分子および結晶の構造の基本知識の理解（設問(1)，(3)と(5)）と関連する化学変化の理解（設問(2)）があるかどうか，また，身近な物質の水を通して，物質の状態変化についての理解と図を読み取る力やそれを説明する力（設問(4)）を問うた。

##### 正答

|     |  |                                    |      |                                    |      |
|-----|--|------------------------------------|------|------------------------------------|------|
| (1) | ア：8  | イ：2                                | ウ：6  | エ：オゾン（あるいはO <sub>3</sub> ）         | オ：共有 |
|     | カ：減少（低下）   | キ：4                                | ク：水素 | ケ：分子                               |      |
| (2) | 下線部①の化学反応式： $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$ |                                    |      |                                    |      |
|     | オキソ酸： ㉠，㉡，㉢  |                                    |      |                                    |      |
| (3) | $\text{H}:\ddot{\text{O}}:\text{H}$  |                                    |      |                                    |      |
| (4) | (a)  | 沸点の変化： 低くなる                        |      | 凝固点の変化： 高くなる                       |      |
|     |  | 理由：略                               |      |                                    |      |
|     | (b)  | ㉣                                  |      |                                    |      |
|     | (c)  | 略                                  |      |                                    |      |
| (5) | (d)  | 略                                  |      |                                    |      |
|     | (a)  | NaCl 結晶における Cl <sup>-</sup> の配位数：6 |      | CsCl 結晶における Cl <sup>-</sup> の配位数：8 |      |
|     | (b)  | 計 算                                | 略    | 答                                  | 0.40 |
|     | (c)  | Na <sup>+</sup> ： 32               |      | Cl <sup>□</sup> ： 32               |      |

※記述問題の正答例は開示していません

## 問題 2

### 出題意図

炭酸ナトリウムを題材としてその基本的な性質，製造方法から，中和滴定による混合物の定量の実験，および使用する指示薬の化学平衡に関する内容を出題した。理解度を評価するため，基本的な用語や実験方法を理解できているか（設問(1)），酸と塩基の反応や塩の性質の知識をふまえて化学反応式を記述できるか（設問(2)～(5)），中和反応の実験操作や化学反応の量的関係を理解しているか（設問(6)～(7)），電離定数と pH が関与する基本的な計算力（設問(8)）を試した。

### 正答

|     |   |  |   |                 |
|-----|---|--|---|-----------------|
| (1) | ア：アンモニアソーダ（ソルベール）   | イ：塩基（アルカリ）   | ウ：ホールピペット（メスピペット）                                   | エ：ビュレット（ビューレット） |
| (2) | 理由：略  |  |   |                 |
| (2) | 加水分解反応： $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCO}_3^- + \text{OH}^-$ ①<br>$\text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3 + \text{OH}^-$ ② |  |   |                 |
| (3) | $2\text{NaOH} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$  |  |   |                 |
| (4) | $\text{NaOH} + \text{HCl} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ , $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{NaHCO}_3 + \text{NaCl}$  |  |   |                 |
| (5) | $\text{NaHCO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$  |  |   |                 |
| (6) | 水酸化ナトリウム： 0.066 mol/L ，炭酸ナトリウム： 0.014 mol/L   |  |   |                 |
| (7) | メチルオレンジ または メチルレッド  |  |   |                 |
| (8) | (a)   | $K = \frac{[\text{H}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$   | (b)   | 左 または 逆反応       |
|     | (c)   | $\frac{[\text{HA}]}{[\text{A}^-]} = 0.1$ : pH = 10.5 | $\frac{[\text{HA}]}{[\text{A}^-]} = 10$ : pH = 8.52 |                 |
|     | (d)   | HA：無色  | A <sup>-</sup> ：赤（紫）色                               |                 |

※記述問題の正答例は開示していません

### 問題 3

#### 出題意図

有機化合物の性質に基づく様々な反応結果から未知化合物の構造を決定する課題を通して、反応の名称（設問(1)）、化合物の名称や構造式（設問(2) (5) (6) (7)）、高分子化合物の反応式（設問(4)）など、有機化合物に関する基礎的知識を問うた。また燃焼から生じる二酸化炭素の生成量（設問(3)）を問うことで、有機化学に必要な計算力が身についているかを試した。

#### 正答

|     |   |  |        |
|-----|---|--|--------|
| (1) | けん化   | (2)  | ヨードホルム |
| (3) | 4.26 L  |  |        |
| (4) | 名称： テレフタル酸<br>化学反応式：<br>$n \text{HO}-\underset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{C}_6\text{H}_4-\underset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH} + n \text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH} \longrightarrow \left[ \underset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{C}_6\text{H}_4-\underset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O} \right]_n + 2n \text{H}_2\text{O}$ または<br>$n \text{HO}-\underset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{C}_6\text{H}_4-\underset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH} + n \text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH} \longrightarrow \text{HO} \left[ \underset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{C}_6\text{H}_4-\underset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O} \right]_n \text{H} + (2n-1) \text{H}_2\text{O}$ |  |        |
| (5) | 構造式：<br>$\begin{array}{c} \text{OH} \\   \\ \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \end{array}$  | 構造異性体の数：7個   |        |
| (6) | 名称： <i>p</i> -クレゾール   | 構造式：<br>$\text{CH}_3-\text{C}_6\text{H}_4-\text{OH}$ |        |
| (7) | $\text{CH}_3-\text{C}_6\text{H}_4-\text{O}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{C}_6\text{H}_4-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-\overset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$  |  |        |

## 問題 4

### 出題意図

天然高分子化合物の構造や反応，および用語を設問(1)および(4)で問うた。設問(2)および(3)では，タンパク質の分析に関する理解や計算能力を問うた。日常生活において接することの多い酵素について，化学の視点に立って理解しているかどうかを問うために，触媒としての分子機構について説明させ，反応速度に関するグラフを読み取る能力を設問(5)および(6)で試した。

### 正答

|     |             |               |                  |         |
|-----|-------------|---------------|------------------|---------|
| (1) | ア：(α-) アミノ酸 | イ：ペプチド (アミド)  | ウ：単純             | エ：複合    |
|     | オ：赤紫        | カ：ビウレット       | キ：アミノ            | ク：基質特異性 |
|     | ケ：リパーゼ      | コ：プロテアーゼ      | サ：失活             |         |
| (2) | 略           |               |                  |         |
| (3) | 計算過程： 略     |               | 含有率： <u>35</u> % |         |
| (4) | (a)         | A の名称： デキストリン | B の名称： マルトース     |         |
|     | (b)         | マルターゼ         |                  |         |
| (5) | (a)         | 略             |                  |         |
|     | (b)         | ©             |                  |         |
| (6) | 略           |               |                  |         |

※記述問題の正答例は開示していません

平成31年度入学試験問題

化学

注意事項

1. この問題冊子は、試験開始の合図があるまで開いてはいけません。
2. 解答用紙は問題冊子とは別になっています。解答はすべての解答用紙の指定されたところに記入しなさい。それ以外の場所に記入された解答は、採点の対象となりません。解答用紙は4枚あります。
3. 本学の受験番号をすべての解答用紙の指定されたところへ正しく記入しなさい。氏名を書いてはいけません。
4. この問題冊子は、表紙を含めて12ページあります。問題は4ページから11ページにあります。ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、監督者に申し出なさい。
5. 問題冊子の余白等は適宜利用しても構いませんが、どのページも切り離してはいけません。
6. この問題冊子は持ち帰りなさい。

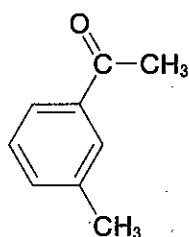
問題の解答に必要なならば、以下の数値を用いなさい。

原子量 H: 1.00 C: 12.0 N: 14.0 O: 16.0

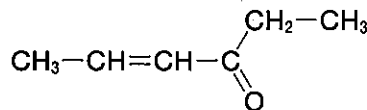
$\sqrt{2} = 1.41$ ,  $\sqrt{3} = 1.73$ ,  $\log_{10} 3 = 0.477$

化合物の構造式を答える場合には、記述例にならって書きなさい。

(記述例)



または



1 次の文章を読み、設問(1)~(5)に答えよ。

酸素原子  ${}^8\text{O}$  では、原子核に陽子が(ア)個あり、電子はK殻に(イ)個、L殻に(ウ)個が配置されている。酸素の単体には  $\text{O}_2$  のほか、同素体として(エ)がある。酸素は、ほとんどの元素と化合して、酸化物をつくる。一般に、酸性酸化物が水と反応するとオキソ酸が生ずる。酸素を含む化合物である水は酸素原子と水素原子が(オ)結合で結びついて分子を形成している。水の状態変化の中で、水が凝固して氷になると、密度が(カ)する。これは、氷では1個の水分子に対して(キ)個の水分子が(ク)結合で結びついた(ケ)結晶になり、隙間の多い構造となるからである。一方、塩化ナトリウム  $\text{NaCl}$  と塩化セシウム  $\text{CsCl}$  は氷とは異なる種類の結晶である。 $\text{NaCl}$  と  $\text{CsCl}$  の結晶は立方体の単位格子をもつ。 $\text{NaCl}$  では、塩化物イオン  $\text{Cl}^-$  は立方体の頂点と面の中心に位置しており、ナトリウムイオン  $\text{Na}^+$  は各辺の中央と立方体の中心に配置されている。 $\text{CsCl}$  では、 $\text{Cl}^-$  は立方体の頂点にあり、セシウムイオン  $\text{Cs}^+$  は立方体の中心にある。

- (1) 空欄(ア)~(ケ)にあてはまる適切な語句あるいは数字を答えよ。
- (2) 下線部①について、オキソ酸である硫酸が生成する反応を化学反応式で示せ。  
また、以下の酸の中からオキソ酸をすべて選び、該当する記号で解答欄に答えよ。  
① 硝酸 ② 塩酸 ③ フッ化水素酸 ④ 炭酸 ⑤ 塩素酸
- (3) 下線部②について、水分子の電子式を示せ。
- (4) 下線部③について、水の状態変化は図1に示される。以下の問(a)~(d)に答えよ。

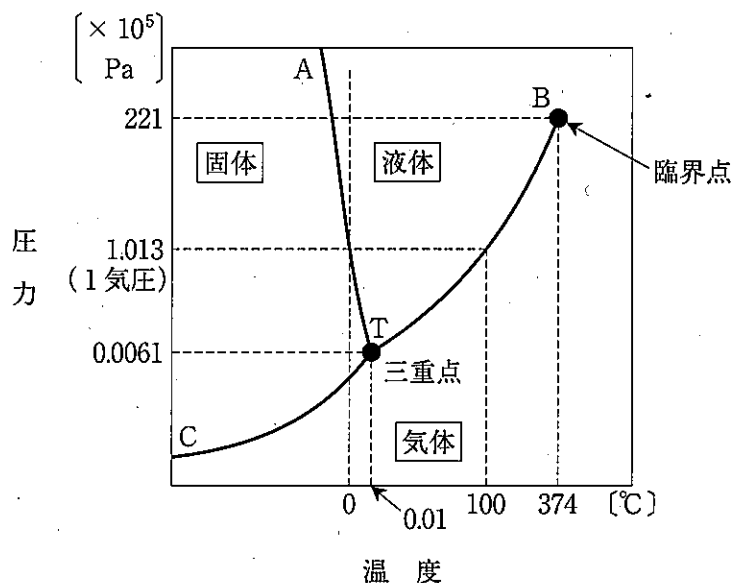


図1 水の状態図

- (a) 富士山の山頂のような標高の高いところでは、水の沸点および凝固点は  $100^{\circ}\text{C}$  および  $0^{\circ}\text{C}$  に比べてどのように変化するか。「高くなる」、「変化しない」、「低くなる」、のいずれかで答えよ。また、その答えに至った理由を、図1をもとに 80 字以内で説明せよ。アルファベット、数字、 $^{\circ}\text{C}$  などの記号も 1 文字とする。
- (b) 図1において温度  $0^{\circ}\text{C}$ 、圧力  $221 \times 10^5 \text{ Pa}$  にある  $\text{H}_2\text{O}$  を温度一定で圧力を低下させると、 $\text{H}_2\text{O}$  の状態はどのように変化するか、以下から選び、該当する記号で解答欄に答えよ。
- Ⓐ 水→水→水蒸気    Ⓑ 水蒸気→水→氷    Ⓒ 水→氷→水蒸気  
 Ⓓ 水→水蒸気→氷    Ⓔ 水→水蒸気→水    Ⓕ 水蒸気→氷→水  
 Ⓖ 水→臨界点    Ⓖ 水→三重点→水蒸気
- (c) 図1にある三重点(T)とは、どのような状態か、20 字以内で述べよ。
- (d) 図1の B-T 曲線では  $\text{H}_2\text{O}$  は気液平衡にある。気液平衡とは、どのような状態か、40 字以内で述べよ。
- (5) 下線部④について、以下の問(a)~(c)に答えよ。
- (a)  $\text{NaCl}$  および  $\text{CsCl}$  の結晶におけるそれぞれの  $\text{Cl}^-$  の配位数を示せ。
- (b)  $\text{NaCl}$  の結晶における単位格子の一辺の長さを  $0.552 \text{ nm}$ 、 $\text{Na}^+$  および  $\text{Cs}^+$  のイオン半径をそれぞれ  $0.095 \text{ nm}$  および  $0.169 \text{ nm}$  とする。これより、 $\text{CsCl}$  の結晶における単位格子の一辺の長さ (nm) を求めよ。計算過程を示して、有効数字 2 桁で求めよ。ただし、最近接の陽イオンと陰イオンは接しているものとする。
- (c) 一辺  $1.104 \text{ nm}$  の立方体の  $\text{NaCl}$  の結晶の中に、 $\text{Na}^+$  および  $\text{Cl}^-$  はそれぞれ何個あるか答えよ。

2 次の文章を読み、設問(1)~(8)に答えよ。

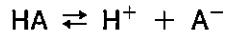
炭酸ナトリウム  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  は、ガラスやセッケンの原料として多量に利用されることから工業的製法も提案されており、(ア)法とよばれる。 $\text{Na}_2\text{CO}_3$  は白色の固体で、水に溶けて、加水分解によって水溶液は(イ)性を示す。また、水酸化ナトリウムを空气中に放置することによっても生じるため、不純物として含まれる。水酸化ナトリウムと炭酸ナトリウムの混合水溶液中におけるそれぞれの濃度を決定するために、変色域の異なる2種類の指示薬(フェノールフタレインと指示薬 X)を用いた二段階中和滴定により、次の実験を行った。

水酸化ナトリウムと炭酸ナトリウムを含む溶液を(ウ)で 20.0 mL はかりとり、コニカルビーカーに入れた。0.100 mol/L の希塩酸を(エ)に入れ、フェノールフタレインを用いて滴定したところ、第1中和点まで 16.0 mL を要した。その後、指示薬 X を用いて滴定を続けると第2中和点までさらに 2.8 mL を要した。

- (1) 空欄(ア)~(エ)にあてはまる適切な語句を答えよ。
- (2) 下線部①について、なぜ(イ)性を示すか、30字以内で説明し、塩の加水分解反応の化学反応式を示せ。
- (3) 下線部②について、炭酸ナトリウムを生成する化学反応式を示せ。
- (4) 下線部③に関して、フェノールフタレインの変色が完了するまでに起こった反応を、化学反応式で示せ。
- (5) 下線部④に関して、指示薬 X の変色が完了するまでに起こった反応を、化学反応式で示せ。
- (6) この混合水溶液中の水酸化ナトリウムおよび炭酸ナトリウムのモル濃度をそれぞれ有効数字2桁で求めよ。計算過程も示せ。
- (7) 下線部④の実験で用いた指示薬 X に適するものを1つ挙げよ。



- (8) 中和滴定に用いる指示薬は、水溶液中の pH の変化にともなって色に変化する物質である。フェノールフタレイン分子を HA で表すと、異なった色を示す化学種 HA と A<sup>-</sup> について、水溶液中で次の電離平衡(電離定数  $K = 3.0 \times 10^{-10}$  mol/L) が成り立つ。以下の問(a)~(d)に答えよ。



- (a) この平衡について、化学種のもル濃度を [HA], [H<sup>+</sup>], [A<sup>-</sup>] とし、電離定数  $K$  を式で示せ。
- (b) 溶液中の水素イオン濃度が大きくなると、平衡はどちらに移動するか答えよ。
- (c) 指示薬の色は、[HA] と [A<sup>-</sup>] の比  $\left(\frac{[\text{HA}]}{[\text{A}^-]}\right)$  が 0.1 以下もしくは 10 以上になるとき、片方の色のみを目視できる。 $\left(\frac{[\text{HA}]}{[\text{A}^-]}\right)$  が 0.1 と 10 のときの pH をそれぞれ求めよ。計算過程も示せ。
- (d) HA と A<sup>-</sup> はそれぞれ何色を示すか答えよ。

3 次の文章を読み、設問(1)~(7)に答えよ。

化合物 A は  $C_{19}H_{20}O_4$  の分子式をもつ芳香族化合物であり、不斉炭素原子とエステル結合を有する。化合物 A に強塩基性水溶液を加えてエステル結合を加水分解した後、十分に酸を加えて溶液を酸性にしたところ、化合物 B、化合物 C、および化合物 D が得られた。化合物 B、C、D をそれぞれ炭酸水素ナトリウム水溶液に加えると、化合物 B からは二酸化炭素が発生したが、化合物 C、D からは発生しなかった。化合物 C を水酸化ナトリウム水溶液中でヨウ素と反応させると、特有の臭気をもつ黄色沈殿が生じた。化合物 C、D にそれぞれ塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えたところ、化合物 C は呈色反応を示さなかったが、化合物 D は呈色した。化合物 D は芳香族化合物であり、ベンゼン環の水素原子 1 個を臭素原子で置換してできる化合物は 2 種類存在した。

- (1) 下線部①に示す加水分解反応を特に何とよぶか答えよ。
- (2) 下線部②に示す沈殿化合物の名称を示せ。
- (3) 化合物 A の試料 3.12 g を完全燃焼させたときに発生する二酸化炭素について、標準状態における気体の体積を有効数字 3 桁で求めよ。計算過程も示せ。ただし、標準状態における気体のモル体積を 22.4 L/mol とする。
- (4) 化合物 B とエチレングリコールを縮合重合すると、ポリエチレンテレフタレートが生成した。化合物 B の名称を示せ。また、化合物 B の構造式を用いて、この重合反応の化学反応式を示せ。ただし、重合度を  $n$  とする。
- (5) 化合物 C の構造式を示せ。また、化合物 C の構造異性体の数はいくつになるか示せ。ただし、化合物 C もその数に含めるものとする。
- (6) 化合物 D の名称と構造式を示せ。
- (7) 化合物 A の構造式を示せ。

4 次の文章を読み、設問(1)~(6)に答えよ。

タンパク質は、多数の(ア)が(イ)結合でつながった構造をもつ高分子化合物である。(ア)だけで構成されるタンパク質は(ウ)タンパク質、(ア)のほか、糖やリン酸、色素などで構成されるものは、(エ)タンパク質とよばれる。

タンパク質による様々な呈色反応が知られている。例えば、タンパク質の水溶液に、水酸化ナトリウム水溶液と硫酸銅(Ⅱ)水溶液を加えて振り混ぜると(オ)色となる。これはタンパク質分子中の(イ)結合の部分<sup>①</sup>が銅(Ⅱ)イオンと配位結合を形成し、錯イオンをつくることによる呈色であり、(カ)反応とよばれる。また、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、ニンヒドリンが(キ)基と反応することで赤紫~青紫色を呈する。これらの呈色反応はタンパク質の検出に利用されている。

一方、タンパク質水溶液に固体の水酸化ナトリウムを加えて加熱すると、タンパク質が分解してアンモニア<sup>①</sup>が生成する。(ウ)タンパク質の場合、成分元素の質量含有率はタンパク質の種類によらずほぼ同じであるため、生成したアンモニアの質量から、食品などのタンパク質含有率を見積もることができる。<sup>②</sup>

生体内で起こる化学反応の多くは、体温程度で速やかに進行するが、これは各種の触媒の働きによるものである。生体内で働く触媒は、タンパク質で構成されており、酵素と総称する。一般に、酵素は特定の基質にだけ作用する。このような性質を酵素の(ク)という。例えば、アミラーゼはデンプンを加水分解する酵素であるが、同じ多糖であっても、セルロースには作用しない。<sup>③</sup>胃液や膵(すい)液の酵素(ケ)は油脂をモノグリセリドと脂肪酸に加水分解するが、タンパク質の(イ)結合を加水分解できない。その一方、(コ)はタンパク質の(イ)結合を加水分解できる。酵素反応が起きると、まず基質は酵素の活性部位とよばれる特定の部分に結合し複合体を形成する。次に基質は生成物に変換されて酵素から放出される。多くの酵素は、40℃近くまでは、温度が上がると反応速度は大きくなるが、それ以上の温度では逆に反応速度は急に低下し、60℃以上では、ほとんどの酵素は触媒作用を完全に失う。<sup>④</sup>このように、酵素の触媒作用がなくなることを、酵素の(サ)という。

- (1) 空欄(ア)~(サ)にあてはまる適切な語句を答えよ。
- (2) 下線部①に関連して、アンモニアの生成を確認するためにどのような方法があるか、おいをかぐ以外の方法を、40字以内で答えよ。
- (3) 下線部②に関連して、5.0gの大豆試料を分解したところ、0.34gのアンモニアが発生した。アンモニアはすべてタンパク質の分解から生じたとすると、大豆中のタンパク質の含有率は何%か、計算過程を示して、有効数字2桁で答えよ。ただし、タンパク質中の窒素の質量含有率は16%とする。

- (4) 下線部③に関連して、デンプンに酵素アミラーゼを作用させると、以下の通り、デンプンは重合度が低くなった多糖である A に分解され、やがて二糖の B にまで分解される。B はある酵素によってグルコースまで分解される。次の問(a)と(b)に答えよ。



- (a) A と B の名称をそれぞれ答えよ。  
 (b) B をグルコースに分解する酵素の名称を答えよ。
- (5) 下線部④に関連して、酵素反応における反応速度と基質濃度の関係を図 1 に示す。以下の問(a)と(b)に答えよ。

- (a) 基質の濃度が酵素に対して低い場合(図 1 中(I)の濃度域)、反応速度は基質の濃度の増加にともない増大するが、基質の濃度が酵素に対して十分に高い場合は(図 1 中(II)の濃度域)、基質の濃度を増加させても反応速度はほぼ一定となる。その理由を 40 字以内で答えよ。

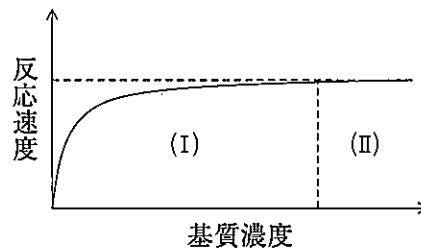


図 1 反応速度と基質濃度との関係

- (b) 図 1 の実験条件のうち酵素濃度を半分にしたとき、どのような曲線になるか、図 2 の(A)~(C)から 1 つ選び、記号で答えよ。点線は酵素濃度が変化する前の曲線を示す。

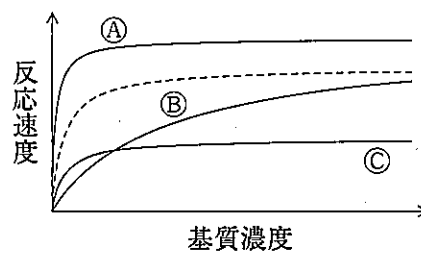


図 2 反応速度と基質濃度との関係

- (6) 下線部⑤の現象について、タンパク質の構造に関連して、その理由を 40 字以内で述べよ。