

物 理・化 学

問 題

2011年度

< H23050017 >

注 意 事 項

1. この問題冊子には、物理および化学の問題が印刷されています。
受験票に記載されている理科解答パターンの問題のみを解答してください。

解答 パターン	物 理	化 学	生 物 (別冊配布)
A	○	○	×
B	○	×	○
C	×	○	○

2. この試験では、解答パターンがAの受験生には、この問題冊子、記述解答用紙（2種類）およびマーク解答用紙の計4種類を配付します。
解答パターンがBおよびCの受験生には、これらに加え「生物」の問題冊子の計5種類を配付します。
3. 問題冊子および解答用紙は、試験開始の合図があるまで開かないでください。
4. 物理の問題は2～9ページ、化学の問題は12～19ページに記載されています。試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚れに気付いた場合は、手を挙げて監督員にお知らせください。
5. 記述解答用紙については、所定欄（2か所）に受験番号および氏名を記入してください。
6. マーク解答用紙については、受験番号を確認したうえ所定欄に氏名のみを記入してください。
7. 解答は解答用紙の所定欄に、黒鉛筆（HB）またはシャープペンシル（HB）で記入してください。
8. マーク解答用紙については、以下の点に注意してください。
 - a) マーク欄は、はっきりとマークしてください。また、訂正する場合は、消しゴムで消し残しがないようにきれいに消してください（砂消しゴムは使用不可）。
 - b) 解答は指定された解答欄にマークし、解答用紙のその他の部分には何も記入しないでください。

良い例 (a)

1	2	3	4	5	6

 ○の中を正確にぬりつぶす

悪い例 (a)

1	2	3	4	5	6

1. はみ出してぬりつぶす
2. ぬり残す
3. ○で囲む
4. 薄い
5. ✓点(ぬりつぶしていない)
6. ×印(ぬりつぶしていない)

9. 下書きは問題冊子の余白を使用してください。
10. 問題冊子は持ち帰ってください。
11. 解答用紙は必ず提出してください。

必要ならば以下の数値を用いなさい。

H=1.0, C=12.0, N=14.0, O=16.0, Na=23.0, S=32.1, Cl=35.5

K=39.1, Ca=40.1, Ba=137.3

ファラデー定数： 9.65×10^4 C/mol, 水のイオン積： $K_w = 1.00 \times 10^{-14}$ (mol/L)²

$\log 2 = 0.30$, $\log 3 = 0.48$, $\log 7 = 0.85$

化学（マーク解答問題）

〔I〕 つぎの（1）～（10）の文中，（A），（B），（C）にもっとも適合するものを，それぞれA群，B群，C群の（イ）～（ホ）から選び，マーク解答用紙の該当欄にマークしなさい。

- （1） 水は ① 2個の水素と1個の酸素からなる。このことは，水の電気分解において ② 水素と酸素が2：1の体積比で生じることからもわかる。③ 水素と酸素にはそれぞれ3種類ずつの同位体が存在する。したがって，水の分子には同位体の組み合わせにより異なる（A）種類が存在することになる。このうち，（B）を含む水は放射能をもつ。

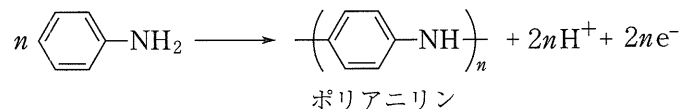
上の文章の下線部①～③における「水素」および「酸素」という語が指すものは異なっている。それぞれの下線部における正しい組み合わせは（C）である。

- A：（イ） 6 （ロ） 9 （ハ） 12 （ニ） 18 （ホ） 27
B：（イ） ^2H （ロ） ^3H （ハ） ^{16}O （ニ） ^{17}O （ホ） ^{18}O
C：（イ） ①は「元素の名称」，②は「分子の名称」，③は「原子の名称」
 （ロ） ①は「元素の名称」，②は「原子の名称」，③は「分子の名称」
 （ハ） ①は「原子の名称」，②は「元素の名称」，③は「分子の名称」
 （ニ） ①は「原子の名称」，②は「分子の名称」，③は「元素の名称」
 （ホ） ①は「分子の名称」，②は「原子の名称」，③は「元素の名称」

- （2） アボガドロ数（ 6.02×10^{23} ）は（A）と定義されている。仮にアボガドロ数の値が異なっていた場合，異なった数値となるのは（B）である。アボガドロ数個の粒子の集団を1モル（mol）と呼ぶが，（C）1 molはその組成式に相当する単位粒子を仮定して導かれた量であり，実際にはアボガドロ数個の（C）の粒子が存在することを示していない。

- A：（イ） ^{12}C 1 g 中の炭素原子の個数
 （ロ） ^{12}C 12 g 中の炭素原子の個数
 （ハ） 地球上に存在する C 1 g 中の炭素原子の個数
 （ニ） 地球上に存在する C 12 g 中の炭素原子の個数
 （ホ） 地球上に存在する H 1 g 中の水素原子の個数
B：（イ） pH （ロ） 比熱 （ハ） 化学反応式の係数
 （ニ） 質量パーセント濃度 （ホ） 絶対温度で表した融点
C：（イ） アセトアニリド （ロ） アルゴン （ハ） アンモニア
 （ニ） 塩化カリウム （ホ） グルコース

- (3) アニリンを塩酸に溶かして電気を流すと、アニリンは次式のように重合する。



アニリン 1.0 g を 1.0 mol/L の塩酸 100 mL に溶解し、2 枚の白金板を浸し、それぞれ乾電池の正極と負極につないで電気を流した。正極につないだ白金板では (A)。負極につないだ白金板では (B)。10 mA の電流を 5 分間流したとき、ポリアニリンは約 (C) g 得られた。

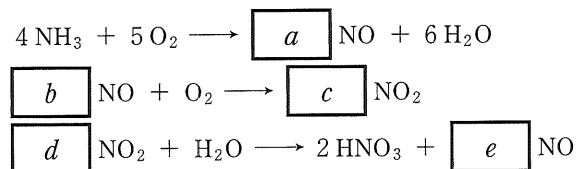
- A : (イ) 酸素の気泡が発生した (ロ) 水素の気泡が発生した (ハ) 何も反応が起こらなかった
 (ニ) 白金が溶解した (ホ) ポリアニリンが生成した
- B : (イ) 酸素の気泡が発生した (ロ) 水素の気泡が発生した (ハ) 何も反応が起こらなかった
 (ニ) 白金が溶解した (ホ) ポリアニリンが生成した
- C : (イ) 1.4×10^{-3} (ロ) 2.8×10^{-3} (ハ) 5.6×10^{-3}
 (ニ) 1.4×10^{-2} (ホ) 2.8×10^{-2}

- (4) つぎの文は非金属元素を含む物質の常温常圧における性質について述べている。

- (A) は、淡青色の気体で、分解しやすく酸化力が強い。
 (B) は、淡黄色の気体で、酸化力が強く水と激しく反応して酸素を発生する。
 (C) は、空気中で自然発火する。

- A : (イ) 一酸化窒素 (ロ) オゾン (ハ) 水素
 (ニ) 二酸化硫黄 (ホ) 二酸化窒素
- B : (イ) 一酸化窒素 (ロ) キセノン (ハ) フッ素
 (ニ) ヨウ素 (ホ) 硫化水素
- C : (イ) 黄リン (ロ) 赤リン (ハ) 斜方硫黄
 (ニ) 単斜硫黄 (ホ) ゴム状硫黄

- (5) 硝酸の工業的な製造はつぎのように行われる。まず (A) を触媒としてアンモニアを一酸化窒素に酸化する。得られた一酸化窒素を空气中で酸化して二酸化窒素とし、これを水と反応させて硝酸にする。これらの化学反応は以下の式で表される。



これらの式の $a \sim e$ を合計すると (B) となる。また、この方法によって質量パーセント濃度 50 % の硝酸を 100 kg 製造する際に必要な酸素の物質量はおよそ (C) mol である。

- A : (イ) 白金 (ロ) 四酸化三鉄 (ハ) 塩化鉛(Ⅱ)と塩化銅(Ⅱ)
 (ニ) フッ化水素 (ホ) 濃硫酸
- B : (イ) 8 (ロ) 10 (ハ) 12 (ニ) 14 (ホ) 16
- C : (イ) 4.6×10^2 (ロ) 7.9×10^2 (ハ) 9.3×10^2
 (ニ) 1.6×10^3 (ホ) 3.2×10^3

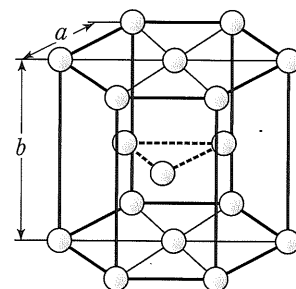
- (6) 二重結合を一つ含む鎖式炭化水素 2 mol を完全燃焼させるためには、15 mol の酸素が必要であった。この鎖式炭化水素の分子式は (A) であり、幾何異性体や光学異性体が存在しない構造異性体は (B) 種類ある。一方、互いに幾何異性の関係にある組合せは (C) 組ある。

A : (イ) C_4H_6 (ロ) C_4H_8 (ハ) C_5H_8 (ニ) C_5H_{10} (ホ) C_6H_{12}
 B : (イ) 3 (ロ) 4 (ハ) 5 (ニ) 6 (ホ) 7
 C : (イ) 0 (ロ) 1 (ハ) 2 (ニ) 3 (ホ) 4

- (7) 臭素は炭素－炭素不飽和結合と反応する。したがって、構造未知の有機化合物に少量の臭素水を加えてよく振り混ぜた場合に、臭素の赤褐色が消失するか否かで、化合物中の炭素－炭素不飽和結合の有無を判断できる。たとえば、不飽和脂肪酸である (A) に少量の臭素水を加えると脱色される。一方、芳香族化合物であるベンゼンは、臭素と混ぜるだけでは反応が進行せず、(B) を添加する必要がある。(A) と臭素、ベンゼンと臭素の反応は、それぞれ (C) である。

A : (イ) 酢酸 (ロ) ステアリン酸 (ハ) パルミチン酸
 (ニ) プロピオン酸 (ホ) リノール酸
 B : (イ) 塩酸 (ロ) 銀粉 (ハ) 水酸化ナトリウム水溶液
 (ニ) 鉄粉 (ホ) 硫酸
 C : (イ) 酸化還元反応と中和反応 (ロ) 縮合反応と置換反応 (ハ) 脱離反応と付加反応
 (ニ) 置換反応と付加反応 (ホ) 付加反応と置換反応

- (8) Zn の結晶は一般に六方最密構造に分類されるが、実際には、右図において各辺の長さを a および b としたとき、 $b > \frac{2\sqrt{6}}{3}a$ である。このとき、原子の半径は (A) と表される。右図の六角柱の中には (B) 個の原子が含まれている。Zn の原子量を M 、アボガドロ定数を N とすると、Zn の結晶の密度は (C) と表せる。



A : (イ) $\frac{a}{2}$ (ロ) a (ハ) $\frac{\sqrt{6}}{8}b$ (ニ) $\frac{\sqrt{6}}{4}b$ (ホ) $\frac{\sqrt{12a^2 + 9b^2}}{12}$
 B : (イ) 4 (ロ) 6 (ハ) 10 (ニ) 12 (ホ) 17
 C : (イ) $\frac{\sqrt{3}M}{3a^2bN}$ (ロ) $\frac{4\sqrt{3}M}{9a^2bN}$ (ハ) $\frac{2\sqrt{3}M}{3a^2bN}$ (ニ) $\frac{4\sqrt{3}M}{3a^2bN}$ (ホ) $\frac{8\sqrt{3}M}{3a^2bN}$

- (9) Ba^{2+} と Ca^{2+} をともに 0.010 mol/L 含む水溶液に、 Na_2SO_4 を少量ずつ加えた。 BaSO_4 が沈殿しはじめるのは SO_4^{2-} の濃度が $1.0 \times (\text{A}) \text{ mol/L}$ になったときである。 CaSO_4 が沈殿しはじめるとき、水溶液中の Ba^{2+} の濃度は $1.0 \times (\text{B}) \text{ mol/L}$ である。 Ca^{2+} が沈殿せず、 Ba^{2+} の 99.9 % 以上が BaSO_4 として沈殿するとき、ろ過により両者を分離できる。このようなときの SO_4^{2-} の濃度範囲は $(\text{C}) \text{ mol/L}$ である。ただし、 BaSO_4 と CaSO_4 の溶解度積はそれぞれ $1.0 \times 10^{-10} (\text{mol/L})^2$ 、 $1.0 \times 10^{-5} (\text{mol/L})^2$ である。

- A : (イ) 10^{-12} (ロ) 10^{-10} (ハ) 10^{-8} (ニ) 10^{-7} (ホ) 10^{-3}
 B : (イ) 10^{-17} (ロ) 10^{-13} (ハ) 10^{-10} (ニ) 10^{-7} (ホ) 10^{-3}
 C : (イ) $1.0 \times 10^{-7} \sim 1.0 \times 10^{-5}$ (ロ) $1.0 \times 10^{-7} \sim 1.0 \times 10^{-4}$
 (ハ) $1.0 \times 10^{-6} \sim 1.0 \times 10^{-3}$ (ニ) $1.0 \times 10^{-5} \sim 1.0 \times 10^{-3}$
 (ホ) $1.0 \times 10^{-4} \sim 1.0 \times 10^{-2}$

- (10) ポリスチレン樹脂 52.0 g をスルホン化し、すべてのベンゼン環にスルホ基を 1 つずつ結合させた。このとき、樹脂の重量は $(\text{A}) \text{ g}$ 増加した。樹脂 1.00 g あたりのスルホ基の量であるイオン交換容量は $(\text{B}) \text{ mol/g}$ であった。この樹脂 18.4 g を筒状のガラス容器に詰め、上から $1.00 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$ の水酸化カリウム水溶液 2.00 L を流してイオン交換し、流出液をすべて集めて pH を測定したところ、約 (C) であった。

- A : (イ) 20.0 (ロ) 23.0 (ハ) 40.0 (ニ) 46.0 (ホ) 92.0
 B : (イ) 1.36×10^{-3} (ロ) 2.72×10^{-3} (ハ) 5.43×10^{-3}
 (ニ) 1.09×10^{-2} (ホ) 2.18×10^{-2}
 C : (イ) 7.0 (ロ) 8.7 (ハ) 10.7 (ニ) 12.7 (ホ) 13.7

化学（記述解答問題）

〔Ⅱ〕 つぎの文章を読んで、問1～問9の答えを記述解答用紙の該当欄に記入しなさい。ただし、温度はすべて一定とする。

塩素は、常温常圧では特有の臭いを有する黄緑色の気体である。塩素を水に溶かして得られる次亜塩素酸は強力な酸化剤として働き、水溶液は漂白作用をもつ。^(問1)一方、家庭用液体漂白剤では、^(問2)次亜塩素酸ナトリウムが有効成分として表示されている。工業的には、^(問3)水酸化ナトリウム水溶液に塩素ガスを吹き込んで、^(問4)次亜塩素酸ナトリウム水溶液をつくる。この水溶液中では、次亜塩素酸ナトリウムはほぼ完全に次亜塩素酸イオンに解離している。さらに、^(問5, 問6)次亜塩素酸イオンの一部はある割合で加水分解される。

家庭用液体漂白剤中の次亜塩素酸ナトリウムの濃度表示では、通常、^(問7)有効塩素量から換算された値が用いられる。有効塩素量とは、^(問8)水溶液中の次亜塩素酸の量と次亜塩素酸イオンの量を足した値である。

家庭用液体漂白剤には「まぜるな危険」の警告文があり、酸性洗剤との混合を避けるよう記載されている。これは、次亜塩素酸ナトリウム水溶液を酸性にすると、^(問9)塩素ガスが発生するためである。このことは、つぎの平衡を考えれば理解できる。



この反応の平衡定数を K_1 とすると、 $K_1[\text{H}_2\text{O}] = 4.56 \times 10^{-4} \text{ (mol/L)}^2$ である。

問1 塩素のオキシ酸のうちもっとも強い酸を、(イ)～(ホ)の中から一つ選び、記号で答えなさい。また、その塩素の酸化数を答えなさい。

(イ) 亜塩素酸 (ロ) 塩酸 (ハ) 塩素酸 (ニ) 過塩素酸 (ホ) 次亜塩素酸

問2 この作用を示す化学反応において、塩素の酸化数がどのように変化するかを答えなさい。

問3 次亜塩素酸ナトリウムは、(A)と(B)の中和により生成する塩と考えることができる。したがって、その水溶液は(C)を示す。(A)、(B)、(C)にもっとも適合するものを、それぞれA群、B群、C群から選び、記号で答えなさい。

A : (イ) 弱酸 (ロ) 強酸
B : (イ) 弱塩基 (ロ) 強塩基
C : (イ) 酸性 (ロ) 中性 (ハ) 塩基性

問4 この反応について、記述解答用紙の化学反応式の空欄を埋め完成させなさい。

問5 この反応について、記述解答用紙のイオン反応式の空欄を埋め完成させなさい。

問6 この反応の平衡定数を K_2 とし、 $K_2[\text{H}_2\text{O}]$ を加水分解定数 K_h とする場合、水のイオン積 K_w と次亜塩素酸の電離定数 K_a を用いて K_h を表しなさい。

問7 ある次亜塩素酸ナトリウム水溶液 1.0 L の有効塩素量を測定したところ、 $4.0 \times 10^{-1} \text{ mol}$ であった。この次亜塩素酸ナトリウム水溶液の pH が 8.0 のとき、水溶液中の次亜塩素酸イオンの濃度を求め、有効数字 2 桁で答えなさい。ただし、次亜塩素酸の電離定数は $K_a = 3.0 \times 10^{-8} \text{ mol/L}$ とする。

問8 水溶液中の次亜塩素酸と次亜塩素酸イオンの存在比が 1 : 1 となる pH を表すのはどれか、(イ) ~ (ホ) の中から一つ選び、記号で答えなさい。

(イ) $-\log \frac{K_a}{2}$

(ロ) $-\log [\text{HClO}]$

(ハ) $-\log K_a$

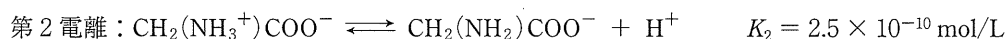
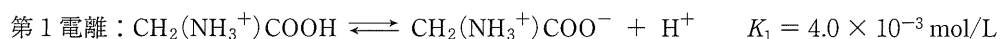
(ニ) $-\log (K_a [\text{HClO}])$

(ホ) $-\log \frac{[\text{ClO}^-]}{[\text{HClO}]}$

問9 ある次亜塩素酸ナトリウム水溶液中の塩素分子と次亜塩素酸の存在比が 1 : 24、塩化物イオンの濃度が $1.90 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ のとき塩素ガスが発生し始めた。このときの pH を求め、小数第 1 位まで示しなさい。

〔Ⅲ〕 つぎの文章を読んで、問1～問9の答えを記述解答用紙の該当欄に記入しなさい。

(1) 水溶液中でのグリシンの電離および電離定数は次式で表される。



グリシンは、中性付近の水溶液中では(イ)イオンの状態でもっとも多く存在するが、酸性にすると(ロ)イオンの状態が多くなる。

問1 (イ), (ロ)に適合する語句を漢字で答えなさい。

問2 グリシンの等電点を計算し、小数第1位まで示しなさい。

問3 0.10 mol/Lのグリシン塩酸塩 $\text{CH}_2(\text{NH}_3\text{Cl})\text{COOH}$ 水溶液 10 mL に、0.10 mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液を 5.0 mL 加えたときの pH を計算し、小数第1位まで示しなさい。

(2) 下表の8種類の α -アミノ酸のうち、異なる3つを構成成分とするトリペプチドXの一次構造を決めるために、つぎの操作を行った。

名称	3文字略号	示性式	分子量
グリシン	Gly	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{H} \end{array}$	75
アラニン	Ala	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	89
セリン	Ser	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2-\text{OH} \end{array}$	105
アスパラギン酸	Asp	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2-\text{COOH} \end{array}$	133
リシン	Lys	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2-(\text{CH}_2)_3-\text{NH}_2 \end{array}$	146
グルタミン酸	Glu	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH} \end{array}$	147
フェニルアラニン	Phe	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2-\text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$	165
チロシン	Tyr	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2-\text{C}_6\text{H}_4-\text{OH} \end{array}$	181

操作2-1: トリペプチドXをエタノールに溶かし、少量の濃硫酸を加えて加熱したところ、トリペプチドXの分子量より56大きい分子量をもつ物質が生成した。

操作2-2: トリペプチドXの2つのペプチド結合を部分的に加水分解することにより、2種のジペプチドY、Zが得られた。YとZをそれぞれ水に溶かし、濃硝酸を加えて十分に加熱すると、いずれも黄色に変化した。さらにこれを冷却して塩基性になると、いずれも橙黄色になった。

操作2-3: ジペプチドYとZをそれぞれエタノールに溶かし、少量の濃硫酸を加えて加熱したところ、分子量が280と352の物質が生成した。

問4 操作2-1の結果は、トリペプチドX 1分子中にどのような官能基がいくつ含まれることを示しているか、答えなさい。

問5 操作2-2の結果は、あるアミノ酸に特有の構造の存在を示している。表中のアミノ酸の中から、その構造をもつものを選び、3文字略号を用いてすべて答えなさい。

問6 操作2-1～2-3の結果から、考えられるトリペプチドXの一次構造を、下記の例のように3文字略号を用いてすべて答えなさい。

(例)	示性式 $\begin{array}{ccccccc} \text{H}_2\text{N} & -\text{CH}- & \text{CONH}- & \text{CH}- & \text{CONH}- & \text{CH}- & \text{COOH} \\ & & & & & & \\ & \text{H} & & \text{CH}_3 & & \text{CH}_2-\text{OH} & \end{array}$	3文字略号 Gly-Ala-Ser
-----	---	-------------------------------------

(3) ペプチドの合成では、しばしば固相合成と呼ばれる方法が用いられる。固相合成では、反応溶媒に溶けない微小なビーズ（以下、固相担体と呼ぶ）に最初のアミノ酸を共有結合させ、それに順次アミノ酸を縮合させる。

ここでは、ジペプチドWを合成することを目的とした。固相合成は、アミノ基に保護基^注を結合させたアミノ酸を用いて、以下の手順で行った。 (問7)

注) 保護基：ある官能基に結合してその反応性を抑える基であり、もとの官能基に戻すために、化学反応により除去することができる。

操作3-1：ヒドロキシ基を有する固相担体を用い、これにアミノ基に保護基を結合させたグリシンを完全に縮合させた。

操作3-2：適当な試薬で処理することにより、保護基を除去した。

操作3-3：アミノ基に保護基を結合させたフェニルアラニンを十分量用いて縮合反応を行った後、ジペプチドが結合した固相担体の一部を採取し（A）を行ったところ、（B）。これにより縮合反応が完全に進行したことを確認した。 (問8)

操作3-4：保護基を除去し、さらに固相担体から切り離して、ジペプチドWを得た。 (問9)

問7 アミノ基を保護していないアミノ酸を用いるとどのような不具合を生じるか、15字以内で答えなさい。

問8 (A)、(B)にもっとも適合するものを、それぞれA群、B群の(イ)～(ホ)から選び、記号で答えなさい。

- A： (イ) 銀鏡反応 (ロ) ニンヒドリン反応 (ハ) ビウレット反応
 (ニ) フェーリング反応 (ホ) ヨードホルム反応
- B： (イ) 青紫に着色した (ロ) 赤紫に着色した (ハ) 色は変化しなかった
 (ニ) 黄色の沈殿が生成した (ホ) 銀が析出した

問9 ジペプチドWの一次構造を、問6と同様に3文字略号を用いて答えなさい。

〔以下余白〕

このページは下書きに使用してよい。