

## 理 科

15:00~17:30

## 解 答 上 の 注 意

1. 試験開始の合図があるまで、この問題紙を開いてはならない。
2. 問題紙は58ページある。このうち、「物理」は2～11ページ、「化学」は12～28ページ、「生物」は29～48ページ、「地学」は49～58ページである。
3. 「物理」、「化学」、「生物」、「地学」のうちから、あらかじめ届け出た2科目について解答せよ。各学部・系・群・学科・専攻の必須科目(◎印)と選択科目(○印)は下表のとおりである。

学部・系・群・学科・専攻 科 目	総 合 入 試					学 部 別 入 試					歯 学 部	獣 医 学 部	水 産 学 部	
	理 系					医 学 部								
	数学 重点 選抜 群	物理 重点 選抜 群	化学 重点 選抜 群	生物 重点 選抜 群	総合 科学 選抜 群	医 学 科	保 健 学 科							
							看 護 学 専 攻	放 射 線 技 術 科 学 専 攻	検 査 技 術 科 学 専 攻	理 学 療 法 学 専 攻				作 業 療 法 学 専 攻
物 理	○	◎	○	○	○	◎	○	◎	○	○	○	○	○	○
化 学	○	○	◎	○	○	○	○	○	◎	○	○	○	○	○
生 物	○	○	○	◎	○	○	◎	○	○	○	○	○	○	○
地 学	○	○	○	○	○									○

4. 受験する科目のすべての解答用紙には、受験番号および座席番号(上下2箇所)を、監督者の指示に従って、指定された箇所に必ず記入せよ。
5. 解答はすべて解答用紙の指定された欄に記入せよ。
6. 必要以外のことを解答用紙に書いてはならない。
7. 問題紙の余白は下書きに使用してもさしつかえない。
8. 下書き用紙は回収しない。

# 化 学

解答はすべて各問題の指示にしたがって解答用紙の該当欄に記入せよ。必要があれば、次の数値を用いよ。

原子量：H = 1.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Na = 23.0,

Al = 27.0, Si = 28.1, S = 32.1, Ca = 40.1

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

ファラデー定数： $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

気体定数  $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$

**1** I, IIに答えよ。

I 次の問1, 問2に答えよ。

問1 次の文章を読み, (1)~(4)に答えよ。

周期表の17族に属する元素をハロゲンという。ハロゲンの原子は、電子1個を受け取り陰イオンとなりやすい。2個の同じハロゲンの原子が結びつくと、組の電子対によって結合が作られ、分子全体では非共有電子対が合計で組できる。一方で、ハロゲンの原子がナトリウム原子と結びつくと、結合ではなく結合を作る。ハロゲンにはこれらの共通した性質があるが、それぞれの単体の酸化力が異なる。<sup>(i)</sup>一般に、イオンとイオンの間にはたらく静電的な力は、それぞれのイオンの大きさに依存する。分子間力については、分子量や分子を構成する原子の大きさに依存する。

(1) 空欄 ~ にあてはまる適切な数字や語句を次の選択肢から選び答えよ。

[選択肢] 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 共有, 配位, イオン, 金属

(2) 下線部(i)に関して、常温常圧の水中で反応が起きて単体を生じる物質の組合せとして適切なものを次の(あ)～(か)の中から二つ選び記号で答えよ。

(あ) KCl, Br<sub>2</sub>            (い) KI, Br<sub>2</sub>            (う) KCl, I<sub>2</sub>

(え) F<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O            (お) Cl<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O            (か) I<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O

(3) NaF, NaCl, NaBr, NaI のうちで融点が最も高い物質の組成式を答えよ。

(4) F<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub>, Br<sub>2</sub>, I<sub>2</sub> のうちで沸点が最も高い物質の分子式を答えよ。

問 2 次の文章を読み、(1)～(3)に答えよ。

実在気体では、理想気体の状態方程式が厳密には成り立たない。理想気体では、気体の体積とは、気体分子が自由に動ける体積  $V_{\text{自}}$  のことである。実在気体の場合には、分子自身の大きさの分だけ  $V_{\text{自}}$  が減少する。この減少する分の体積を排除体積という。また、分子間力によって分子同士が引き合うため、実在気体の圧力は理想気体よりも低い。したがって、実在気体では  $Z = PV/(nRT)$  の値が1からずれる。ここで、 $T$  は温度、 $n$  は物質量、 $P$  は圧力、 $V$  は体積である。ここでは、状態変化と化学反応は起こらないものとする。

(1) 4.0 g の H<sub>2</sub> を封入した 0.58 L の容器内での H<sub>2</sub> の  $V_{\text{自}}$  [L] を有効数字 2 桁で求めよ。ただし、H<sub>2</sub> の 1 mol あたりの排除体積を  $2.5 \times 10^{-2}$  L/mol として、排除体積は圧力に依存しないものとする。

(2) H<sub>2</sub> では、分子間力の影響がかなり小さく、圧力が  $P = nRT/V_{\text{自}}$  と与えられるとする。(1) で求めた  $V_{\text{自}}$  を用いて、350 K で 0.58 L の容器内での圧力  $P$  [Pa] と  $Z$  の値をそれぞれ有効数字 2 桁で求めよ。

(3) 400 K の  $\text{CH}_4$  および 300 K の  $\text{CH}_4$  と  $\text{NH}_3$  の気体について、 $Z$  の値が圧力  $P$  とともに変化する様子を図 1 に示す。図 1 の W, X, Y の適切な組み合わせを、次の(き)～(し)の中から選び記号で答えよ。

	W	X	Y
(き)	$\text{NH}_3$ (300 K)	$\text{CH}_4$ (400 K)	$\text{CH}_4$ (300 K)
(く)	$\text{NH}_3$ (300 K)	$\text{CH}_4$ (300 K)	$\text{CH}_4$ (400 K)
(け)	$\text{CH}_4$ (400 K)	$\text{NH}_3$ (300 K)	$\text{CH}_4$ (300 K)
(こ)	$\text{CH}_4$ (400 K)	$\text{CH}_4$ (300 K)	$\text{NH}_3$ (300 K)
(さ)	$\text{CH}_4$ (300 K)	$\text{NH}_3$ (300 K)	$\text{CH}_4$ (400 K)
(し)	$\text{CH}_4$ (300 K)	$\text{CH}_4$ (400 K)	$\text{NH}_3$ (300 K)

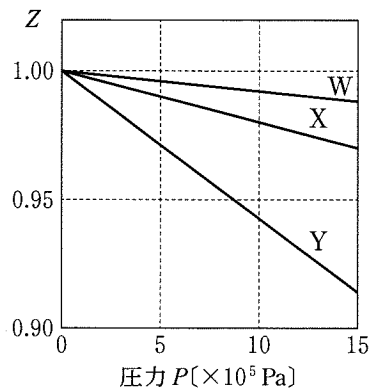
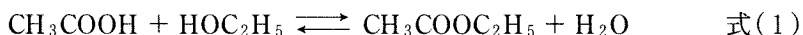


図 1  $Z$  の圧力に対する依存性

II 次の文章を読み、問1～問4に答えよ。

酢酸とエタノールの混合物に少量の濃硫酸を加えて加熱すると酢酸エチルと水が生成する。逆に酢酸エチルと水に希硫酸を加えると酢酸とエタノールが生成する。このようにどちらの向きにも進む反応を  反応といい、次の式(1)のように表す。



一般に  反応における右向きの反応を正反応、左向きの反応を逆反応という。

酢酸とエタノールを混合しただけ、酢酸エチルと水を混合しただけでは反応はほとんど進まない。硫酸は  として働く。これにより  エネルギーのより小さい経路をたどることができるようになる。

酢酸とエタノールの混合物に濃硫酸を加えた場合も酢酸エチルと水に希硫酸<sup>(ii)</sup>を加えた場合も十分に時間が経つと各物質の濃度は一定値に近づき、見かけ上<sup>(iv)</sup>反応が止まった状態になる。このような状態を化学平衡の状態という。

問1 空欄  ~  にあてはまる最も適切な語句を次の(す)～(ね)の中から選び記号で答えよ。

- |         |           |         |
|---------|-----------|---------|
| (す) 連鎖  | (せ) 可逆    | (そ) 不可逆 |
| (た) 律速  | (ち) 触媒    | (つ) 酸化剤 |
| (て) 還元剤 | (と) 界面活性剤 | (な) 結合  |
| (に) 活性化 | (ぬ) 運動    | (ね) 格子  |

問 2 式(1)の正反応の速度を  $v_1$ 、逆反応の速度を  $v_2$  とする。下線部(ii), (iii)の混合初期の状態および下線部(iv)の状態では  $v_1$  と  $v_2$  の大きさはどのような関係にあるか。次の(の)～(へ)の中から選び記号で答えよ。

- |     |                  |                   |                  |
|-----|------------------|-------------------|------------------|
| (の) | (ii) $v_1 = v_2$ | (iii) $v_1 = v_2$ | (iv) $v_1 > v_2$ |
| (は) | (ii) $v_1 > v_2$ | (iii) $v_1 < v_2$ | (iv) $v_1 = v_2$ |
| (ひ) | (ii) $v_1 = v_2$ | (iii) $v_1 = v_2$ | (iv) $v_1 < v_2$ |
| (ふ) | (ii) $v_1 < v_2$ | (iii) $v_1 > v_2$ | (iv) $v_1 = v_2$ |
| (へ) | (ii) $v_1 = v_2$ | (iii) $v_1 = v_2$ | (iv) $v_1 = v_2$ |

問 3 酢酸とエタノールに濃硫酸を加えて加熱し反応させた。以下の(1)～(3)の反応はすべて同じ温度で行い、反応物や生成物の蒸発による減少および反応による体積変化は無視できるものとする。

(1) 反応開始時の濃度を酢酸  $a$  (mol/L)、エタノール  $a$  (mol/L)、硫酸  $b$  (mol/L) とし、式(1)の反応の平衡定数を  $K$  とする。十分に時間が経過し、各物質の濃度が一定となったときの酢酸エチルの濃度を次の(ほ)～(も)の中から選び記号で答えよ。

- |     |              |     |              |     |                                  |
|-----|--------------|-----|--------------|-----|----------------------------------|
| (ほ) | $a\sqrt{K}$  | (ま) | $\sqrt{aK}$  | (み) | $\frac{a\sqrt{K}}{1+\sqrt{K}}$   |
| (む) | $ab\sqrt{K}$ | (め) | $\sqrt{abK}$ | (も) | $\frac{a\sqrt{bK}}{1+\sqrt{bK}}$ |

(2) 反応開始時の濃度が酢酸 12.0 mol/L、エタノール 5.3 mol/L、硫酸 0.070 mol/L のとき、十分に時間が経った後の酢酸エチルの濃度は 4.6 mol/L で一定となった。式(1)の反応の平衡定数を有効数字 2 桁で答えよ。

- (3) 反応開始時の濃度を酢酸 6.2 mol/L, エタノール 11.0 mol/L, 硫酸 0.060 mol/L とする。平衡定数の値が(2)の場合と同じとするとき、十分に時間が経過し濃度が一定となったときの酢酸エチルの濃度として最も近いものを次の(や)~(り)の中から選び記号で答えよ。
- (や) 2.6 mol/L      (ゆ) 4.2 mol/L      (よ) 5.1 mol/L  
(ら) 6.2 mol/L      (り) 9.8 mol/L

問 4 酢酸エチルと硫酸水溶液を混合して加水分解反応を起こさせた。図 2 の (A), (B), (C) は、三つの異なる温度で反応を起こさせた場合の酢酸エチルの濃度の時間変化を示す。時間 0 分での酢酸エチルの濃度は 0.50 mol/L, 硫酸の濃度は 0.40 mol/L である。これに関して(1)~(3)に答えよ。ただし反応初期の反応速度は酢酸エチルの濃度に比例するものとする。

- (1) (C) の場合、酢酸エチルの濃度は時間 10 分で 0.39 mol/L となった。0~10 分の反応速度 [mol/(L·min)] を有効数字 2 桁で答えよ。
- (2) (A), (B), (C) の温度を  $T_A$ ,  $T_B$ ,  $T_C$  とする。これらの間の関係を次の(る), (れ), (を), (ん)の中から選び記号で答えよ。
- (る)  $T_A < T_B < T_C$   
(れ)  $T_A > T_B > T_C$   
(を)  $T_A < T_B = T_C$   
(ん)  $T_A > T_B = T_C$

- (3) 時間0分での酢酸エチルの濃度を  $0.65 \text{ mol/L}$ 、硫酸の濃度を  $0.40 \text{ mol/L}$  とする。その場合の酢酸エチルの濃度の時間変化を図2の(D)に示す。(D)の温度と最も近い温度における濃度の時間変化を(A), (B), (C)から選び記号で答えよ。

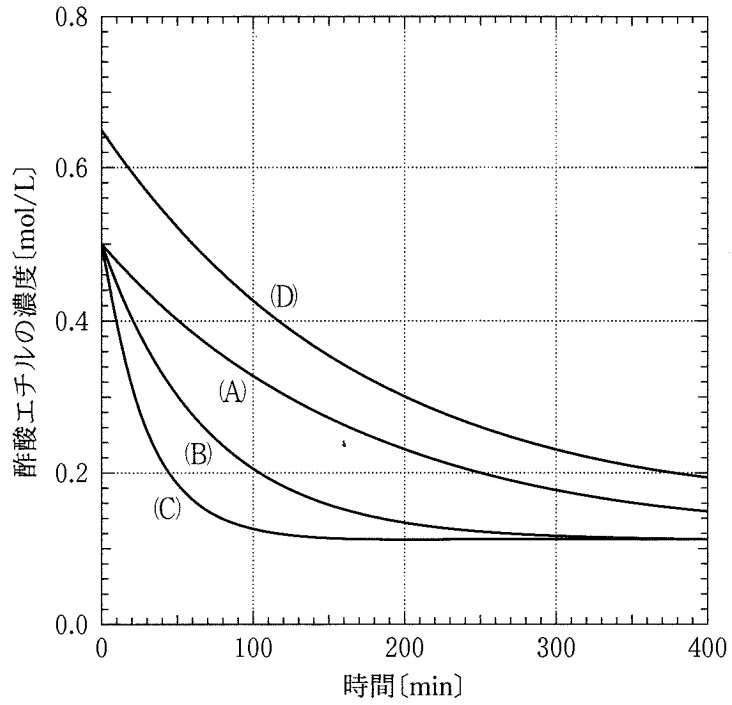


図2 酢酸エチルの濃度の時間変化





2 I, IIに答えよ。

I 次の文章を読み、問1～問6に答えよ。

アルミニウムおよびケイ素は粘土や長石として地殻中に豊富に存在する元素である。単体のアルミニウムは、工業的に原料鉱石を精製して得られる酸化アルミニウムを氷晶石とともに (ア) して製造される。アルミニウムは両性金属<sup>(i)</sup>であり、酸および塩基に溶解する。アルミニウムは希硫酸に溶解するが、濃硝酸には (イ)<sup>(ii)</sup> となって溶解しない。

ケイ素は、石英やけい砂などに含まれる二酸化ケイ素としても産出される。二酸化ケイ素の結晶は、 $\text{SiO}_4$ 四面体が三次元的に繰り返された結晶である。一方、ガラスは $\text{SiO}_4$ 四面体が不規則に配列しながら固化したもので、 (ウ) の状態にある。ガラスは塩酸などのほとんどの酸には安定であるが、フッ化水素<sup>(iii)</sup>酸には溶解する。ケイ酸ナトリウムに水を加えて加熱すると水ガラスと呼ばれる溶液ができ、これに酸を加え、乾燥すると (エ) が得られる。長石や沸石<sup>(iv)</sup>では、二酸化ケイ素に含まれるケイ素の一部がアルミニウムで置換されており、置換によって負電荷が過剰になるが、電気的中性を保つために別の陽イオンが取り込まれている。

問1 空欄 (ア) ~ (エ) にあてはまる適切な語句や物質を、次の(あ)～(そ)の中から選び記号で答えよ。

- |          |            |           |
|----------|------------|-----------|
| (あ) 再結晶  | (い) セッコウ   | (う) 熔融塩電解 |
| (え) 分子結晶 | (お) 不動態    | (か) 複 塩   |
| (き) 亜硝酸塩 | (く) アモルファス | (け) シリカゲル |
| (こ) 混 晶  | (さ) アマルガム  | (し) 接触分解  |
| (す) 水 晶  | (せ) 加水分解   | (そ) ゾ ル   |

問 2 下線部(i)に関して、次の(た)～(と)の金属の中から両性金属を二つ選び記号で答えよ。

(た) Cr      (ち) Fe      (つ) Hg      (て) Sn      (と) Pb

問 3 下線部(ii)に関して、アルミニウムの溶けた水酸化ナトリウム水溶液に塩酸を加えると白色の沈殿が生成した。この沈殿の化学式を答えよ。

問 4 アルミニウムに関する次の記述(な)～(の)のうち、誤っているものを一つ選び記号で答えよ。

(な) アルミニウム製造の原料はアルマイトと呼ばれる鉱石である。

(に) アルミニウムは熱や電気をよく伝える。

(ぬ) アルミニウムは還元剤として、酸化鉄(Ⅲ)を還元する。

(ね) ジュラルミンはアルミニウムを含む合金である。

(の) 酸化アルミニウムは極めて硬い結晶をつくり、ルビーの主成分である。

問 5 下線部(iii)について、二酸化ケイ素とフッ化水素酸の反応の化学反応式を記せ。

問 6 下線部(iv)について、沸石の一種である物質 A は、電気的中性を保つためにケイ素とアルミニウムの他にカルシウムイオンを含んでいる。物質 A の組成を推定するため、少量の物質 A から各元素を分離・回収する操作を行った。アルミニウム、ケイ素を酸化アルミニウム、二酸化ケイ素としてすべて回収すると、それぞれ 15.3 mg, 45.1 mg になった。以下の(1), (2)に答えよ。

(1) 物質 A に含まれていた、アルミニウムとケイ素の原子の数の比 (Al/Si) を有効数字 2 桁で答えよ。

(2) 物質 A に含まれていた、カルシウムとケイ素の原子の数の比 (Ca/Si) を有効数字 2 桁で答えよ。

II 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

硫酸は硫黄のオキソ酸の一種であり、化学薬品として大量に生産されている。硫酸は、例えば、 $\text{CuFeS}_2$ が主成分の黄銅鉱を用いた銅の精錬過程で生成する  を原料として製造される。銅の精錬過程では、 $\text{CuFeS}_2$ とけい砂をともに加熱すると硫化銅(I)が生成し、この硫化銅(I)をさらに空気中で加熱すると、硫化銅(I)の一部が酸化されて酸化銅(I)が生成する。この酸化銅(I)と未反応の硫化銅(I)が反応して粗銅(純度約99%)と  が得られる。  を酸化して  を生成させ、これを水と反応させると硫酸が得られる。

一方、 の原料である硫黄は、天然鉱物として産出するほか、石油精製過程において原油に含まれる不純物として得られることから、比較的安価で大量に手に入る。そこで、近年では用途の一つとして二次電池の正極活物質として用いることが検討されている。

問1 空欄  ,  にあてはまる適切な化合物を化学式で答えよ。

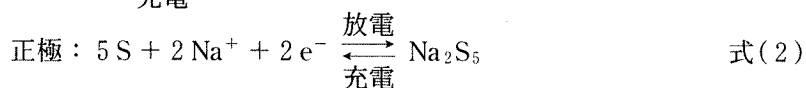
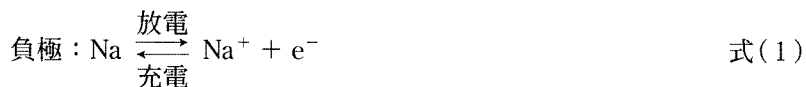
問2 下線部(v)に関して、硫化銅(I)と酸化銅(I)から銅が生成する反応の化学反応式を答えよ。

問3 硫化水素が溶解している水溶液に  を吹き込むと、溶液中に固体が生成する。この固体の化学式を答えよ。

問4 以下の物質(キ)~(ケ)に濃硫酸を加えて加熱したときに発生する主な気体はそれぞれ何か。化学式で答えよ。

(キ) フッ化カルシウム                      (ク) 銅                      (ケ) ギ酸

問 5 硫黄を正極活物質に用いた二次電池の例として、ナトリウム－硫黄二次電池がある。ナトリウム－硫黄二次電池における正極・負極での代表的な充電・放電反応は以下の通りであり、他の反応はここでは考えない。



- (1) この電池の全体の反応式を答えよ。
- (2) 電気量[Ah]は、電流[A]と電流の流れた時間[h]の積で表される。式(2)における正極の硫黄を1.00 g とするとき、完全に充電された状態から完全に放電するときの電気量[Ah]を、有効数字3桁で答えよ。なお、1 h(時) = 3600 s(秒)である。

3

I, IIに答えよ。

I 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

分子式  $C_nH_{2n}$  の炭化水素は数多く存在し、また  $n$  が大きくなるにつれて異性体の数は増大する。 $C_2H_4$  の分子式をもつ化合物は工業原料として重要なエチレン<sup>(i)</sup>だけであるが、 $C_3H_6$  には2種類の異性体<sup>(ii)</sup>が存在する。

$C_4H_8$  には、シス-トランス異性体を含めると全部で (ア) 種類の異性体が存在する。それらを、直鎖状構造であるかどうか、環状構造を含むかどうかでそれぞれ分類すると、直鎖状構造であるものは (イ) 種類、環状構造を含むものは (ウ) 種類存在する。

$C_6H_{12}$  について、直鎖状構造の異性体は、シス-トランス異性体を含めると全部で (エ) 種類ある。これらに対して触媒を用いてある気体<sup>(iii)</sup>と反応させると、同一の有機化合物<sup>(iv)</sup>を与えた。また、臭素を反応させると、不斉炭素をもつ付加生成物が生じる場合があった。その際、(オ) 種類の異性体からは不斉炭素を2個もつ生成物が、(カ) 種類の異性体からは不斉炭素を1個もつ生成物が得られた。不斉炭素をもたない付加生成物が生じるものは (キ) 種類であった。

問1 異性体の数を示す空欄 (ア) ~ (キ) にあてはまる最も適切な数字を、それぞれ整数で記せ。該当する異性体が無い場合には、0と記せ。

問 2 下線部(i)のエチレンに関する以下の(あ)～(お)の記述について、正しいものをすべて選び記号で答えよ。

- (あ) エチレンの炭素原子間距離はエタンの炭素原子間距離よりも大きい。
- (い) エタノールに濃硫酸を作用させて加熱するとエチレンが生成する。
- (う) エチレンにリン酸を触媒として水を付加させるとエタノールが生成する。
- (え) エチレンの縮合重合により、ポリエチレンテレフタレート(PET)が生成する。
- (お) エチレンの酸化反応により、アセトン(ジメチルケトン)が生成する。

問 3 下線部(ii)の2種類の異性体にそれぞれ臭素を反応させると、どちらからも付加生成物が得られた。生成物が1,3-ジブロモプロパン( $\text{Br-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Br}$ )である異性体はどちらか、その物質名を答えよ。

問 4 下線部(iii)として最も適切な物質名を答えよ。

問 5 下線部(iv)の化合物には、異性体が存在する。分枝状構造をもつ異性体の数を整数で答えよ。

II 次の文章を読み、問1～問4に答えよ。

生体のタンパク質を構成する主要なアミノ酸は約20種類であり、そのうち、ヒト体内で合成されない、あるいはされにくく外部から摂取する必要があるものは  アミノ酸と呼ばれる。タンパク質は、アミノ酸どうしがペプチド結合によりつながった高分子鎖からなり、ペプチド結合の部分で水素結合が形成されることにより、 $\alpha$ -ヘリックス構造、 $\beta$ -シート構造などの二次構造がつくられる。また、この高分子鎖の側鎖間の相互作用や結合によって高分子鎖が複雑に折りたたまれ、特有の立体構造をとる。これをタンパク質の三次構造<sup>(v)</sup>という。

タンパク質の中には、生体内で起こる種々の化学反応を促進する機能をもつものがあり、酵素と呼ばれる。酵素反応では反応する物質が決まっており、それ以外の物質は反応しない。この性質を酵素の  特異性という。生体内では、酸化還元反応<sup>(vi)</sup>、加水分解反応<sup>(vii)</sup>、転移反応、脱離反応など様々な化学反応が起こるが、その大部分は酵素の機能によって穏和な条件で効率よく進行する。

問1 空欄  ,  にあてはまる最も適切な語句を、次の(か)～(さ)からそれぞれ一つずつ選び記号で答えよ。

- |        |        |        |
|--------|--------|--------|
| (か) 反応 | (き) 基質 | (く) 活性 |
| (け) 必需 | (こ) 絶対 | (さ) 必須 |



問 2 下線部(v)の形成および安定化に関与するアミノ酸側鎖どうしの相互作用および結合のうち、図 1 中の          内の構造が示す相互作用または結合について、その名称と関与しているアミノ酸名を答えよ。

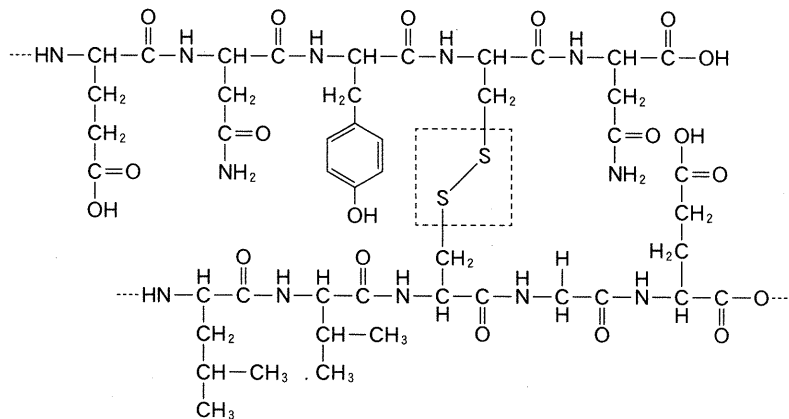


図 1

問 3 下線部(vi), (vii)の化学反応に関与する酵素と反応する物質の組み合わせとして適切なものを、次の(し)～(た)からそれぞれ一つずつ選び記号で答えよ。

	酵 素	反応する物質
(し)	カタラーゼ	過酸化水素
(す)	インベルターゼ	マルトース
(せ)	リパーゼ	油 脂
(そ)	プロテインキナーゼ	ATP(アデノシン三リン酸)
(た)	セルラーゼ	セロビオース

問 4 グリシン, アラニン, フェニルアラニン, メチオニン, セリン, リシン, アスパラギン酸で構成される直鎖化合物 **A** をある酵素で加水分解し, **X** および **Y** を含むいくつかの分解物を得た。次の(1), (2)に答えよ。

(1) **X** について下記①~③の実験を行った。**X** を構成するアミノ酸をすべて答えよ。

- ① 水酸化ナトリウム水溶液を加えた後, 少量の硫酸銅を加えたが色の変化を示さなかった。
- ② 濃水酸化ナトリウム水溶液と加熱後, 酢酸鉛(Ⅱ)水溶液を加えると黒色沈殿を生じた。
- ③ 鏡像異性体が存在しないアミノ酸を含んでいた。

(2) **Y** を完全に加水分解し, アミノ酸 **B**, **C**, **D** を得た。**B**, **C**, **D** の水溶液を pH 3.0 の緩衝液で湿らせたろ紙につけて電気泳動を行ったところ, **B** と **C** のみが陰極側に移動した。また, pH 10 の緩衝液で同様の実験を行ったところ, **C** と **D** のみが陽極に移動した。pH 10 のときの **B** および **C** のイオンの構造式として最も適切なものを次の(は)~(や)からそれぞれ一つずつ選び記号で答えよ。

