

平成 31 年度 入学試験問題

理 科

Ⅰ 物 理・Ⅱ 化 学・Ⅲ 生 物・Ⅳ 地 学

2 月 25 日(月)(情—自然) 13 : 45—15 : 00

(情—コン・理・)
(医・工・農) 13 : 45—16 : 15

注 意 事 項

1. 試験開始の合図まで、この問題冊子と答案冊子を開いてはいけない。
2. 問題冊子のページ数は、67 ページである。
3. 問題冊子とは別に、答案冊子中の答案紙が理学部志望者と情報学部自然情報学科とコンピュータ科学科志望者には 20 枚(物理 3 枚、化学 5 枚、生物 4 枚、地学 8 枚)、医学部志望者と農学部志望者には 12 枚(物理 3 枚、化学 5 枚、生物 4 枚)、工学部志望者には 8 枚(物理 3 枚、化学 5 枚)ある。
4. 落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所などがあつたら、ただちに申し出よ。
5. 情報学部自然情報学科志望者は、物理、化学、生物、地学のうち 1 科目を選択して解答せよ。
情報学部コンピュータ科学科志望者は、物理、化学、生物、地学のうち 2 科目を選択して解答せよ。ただし、物理を必ず含むこと。
理学部志望者は、物理、化学、生物、地学のうち 2 科目を選択して解答せよ。ただし、物理、化学のいずれかを必ず含むこと。
医学部志望者と農学部志望者は、物理、化学、生物のうち 2 科目を選択して解答せよ。
工学部志望者は、物理と化学の 2 科目を解答せよ。
6. 解答にかかる前に、答案冊子左端の折り目をていねいに切り離し、自分が選択する科目の答案紙の、それぞれの所定の 2 箇所に受験番号を記入せよ。選択しない科目の答案紙には、大きく斜線を引け。
7. 解答は答案紙の所定の欄に記入せよ。所定の欄以外に書いた解答は無効である。
8. 答案紙の右寄りに引かれた縦線より右の部分には、受験番号のほかは記入してはいけない。
9. 問題冊子の余白は草稿用として使用してもよい。
10. 試験終了後退室の許可があるまでは、退室してはいけない。
11. 答案冊子および答案紙は持ち帰ってはいけない。問題冊子は持ち帰ってもよい。

Ⅱ

化 学

- (1) 問題は、次のページから書かれていて、Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、ⅣおよびⅤの5題ある。
5題すべてに解答せよ。
- (2) 解答は、答案紙の所定の欄に書き入れよ。文字や記号はまぎらわしくないように、はっきりとていねいに記せ。
- (3) 字数を指定している設問の解答では、解答欄の1マスに一つの文字を書くこと。
句読点、数字、アルファベットおよび記号はすべて1字とみなせ。

例) 15°C , $\text{Mg}(\text{OH})_2$, ガス, 溶解, $1.0 \times 10^{-1} \text{ Pa}$.

1	5	°	C	,	M	g	(	O	H	)	₂	,	ガ	ス
,	溶	解	,	1	.	0	×	1	0	-	¹	P	a	。

- (4) 必要なときは次の値を用いよ。

原子量 ; $\text{H} = 1.00$, $\text{C} = 12.0$, $\text{N} = 14.0$, $\text{O} = 16.0$, $\text{Al} = 27.0$

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

アボガドロ定数 ; $6.0 \times 10^{23} / \text{mol}$

電子1個のもつ電気量の大きさ ; $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$

化学 問題 I

問 1 次の文章を読んで、設問(1)および(2)に答えよ。

硝酸 HNO_3 や亜硝酸 HNO_2 のように、分子の中心となる原子に何個かの酸素原子 O が結合し、さらにその O のいくつかに水素原子 H が結合した構造の酸をオキソ酸という。オキソ酸の中心原子が同じ場合、 H と結合していない O の数が ア いほど、強い酸になる傾向がある。 HNO_3 と HNO_2 における窒素原子 N の酸化数を求めると、 HNO_3 は イ、 HNO_2 は ウ である。 HNO_3 の N の酸化数は、 N の エ 電子の数と等しいため、 HNO_3 の N は還元剤としての作用はない。

HNO_3 は、肥料や医薬品の製造などに用いられる重要な化合物であり、工業的にはオストワルト法によってつくられる。オストワルト法ではまず、アンモニア NH_3 と空気中の酸素 O_2 から(I)式によって NO を得る。その後、 NO を酸化して NO_2 とし、水への溶解を経て HNO_3 を得る。

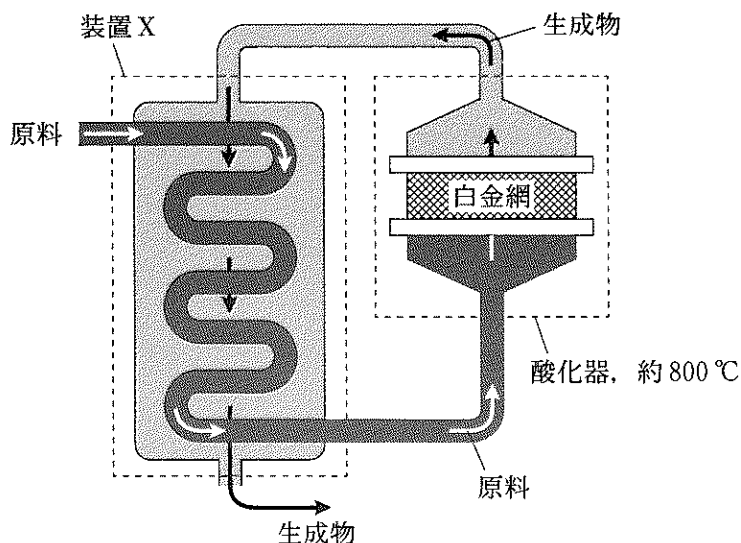
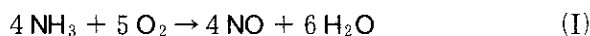


図 1

設問(1)：文中の空欄 ア ～ エ にあてはまる最も適切な語句または数値を記せ。

27

設問(2)：工業的な製造工程では、一般に、エネルギーを効率よく利用する必要があるため、物質の製造にかかわる装置類に工夫がみられる。図1はオストワルト法の(I)式の反応にかかわる工程を表した模式図である。装置Xでは、原料(NH_3 と O_2)が通過する配管と、(I)式の生成物(NO と H_2O)とが接触する。以下の二つの語句を両方用いて、装置Xの役割を25字以内で説明せよ。

[原料, 生成物]

(次頁に続く)

問 2 次の文章を読んで、設問(1)~(3)に答えよ。

図2のように、圧力や温度によって変形しない容積 30 L の容器 A と、容積 20 L の容器 B が体積の無視できるバルブ C で連結されている。容器 A と容器 B の温度は個々に制御でき、各容器内の温度をそれぞれ一定に保ったり、自由に上げ下げしたりできる。バルブ C は開いており、① 両容器内には合わせて 18 g の水蒸気(理想気体とする)のみが存在し、両容器とも内部は 127 °C に保たれている。

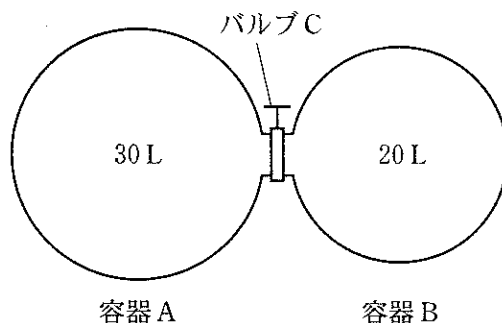


図 2

設問(1)：下線①の状態における容器内の圧力 [Pa] を有効数字 2 桁で求めよ。

設問(2)：下線①の状態の後、バルブ C を閉じ、容器 A 内の温度をゆっくりと下げたところ、 °C のときに液化が始まり、27 °C まで下げた時点で g の水(液体)が容器 A 内に生成した。図 3 に示した水の蒸気圧曲線を参考にして、空欄 にあてはまる数値を次の (a)~(f) から一つ選べ。また、空欄 の数値を有効数字 2 桁で求めよ。なお、水(液体)の体積は無視してよい。

- | | | |
|----------|----------|----------|
| (a) 49.4 | (b) 58.0 | (c) 72.2 |
| (d) 75.6 | (e) 85.7 | (f) 88.5 |

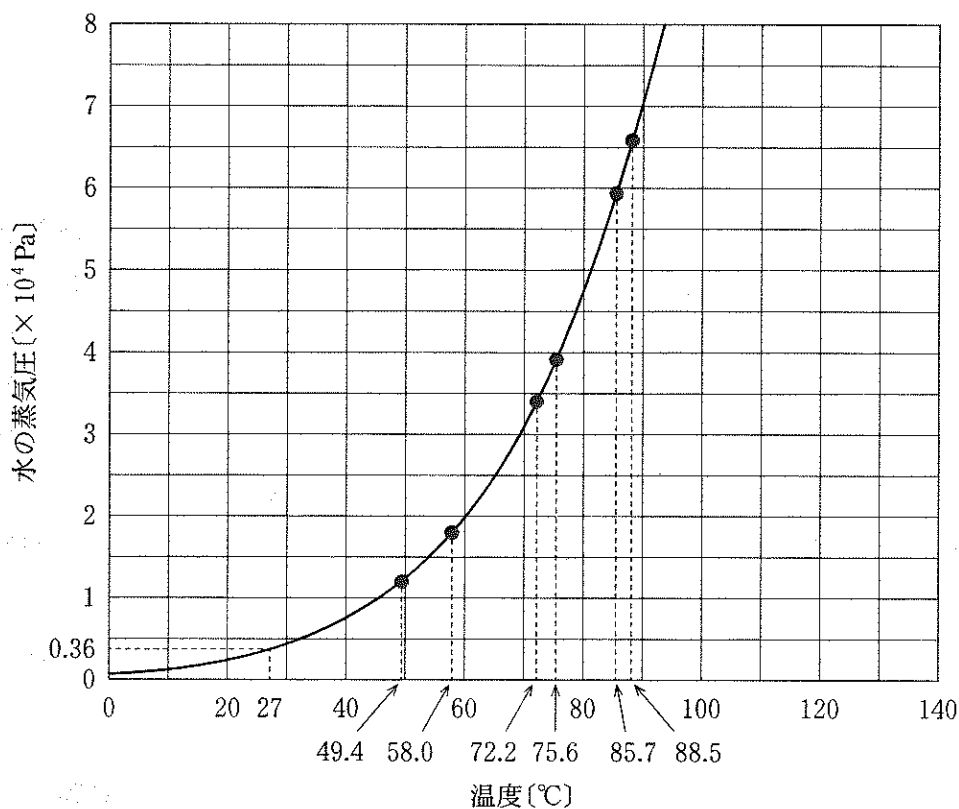


図 3

設問(3)：下線①の状態の後、バルブ C を開けたまま容器 A 内のみを昇温して 327 °C とし、容器 B 内は 127 °C に保ったままとした。その結果、両容器内の間を水蒸気が移動し、両容器内の圧力が変化した。その後十分な時間が経過し、容器 A 内の圧力は ウ Pa, 容器 A 内の水蒸気の物質量は エ mol となった。空欄 ウ と エ の数値を有効数字 2 桁で求めよ。

化学 問題Ⅱ

次の文章を読んで、設問(1)～(5)に答えよ。

凝固点降下度を測定することで、硫酸銅(Ⅱ) CuSO_4 とアンモニア NH_3 水から調製した硫酸アンミン銅(Ⅱ) $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_x]\text{SO}_4$ 水溶液における配位数 x を求めることにした。銅(Ⅱ)イオン Cu^{2+} はすべてアンミン銅(Ⅱ)イオン $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_x]^{2+}$ として存在し、 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_x]^{2+}$ と硫酸イオン SO_4^{2-} は完全に電離していると仮定する。また、アンモニウムイオン NH_4^+ の影響は無視できるものとする。 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_x]^{2+}$ の質量モル濃度および Cu^{2+} に配位していない NH_3 の質量モル濃度をそれぞれ A [mol/kg] および B_1 [mol/kg] とする。水のモル凝固点降下定数を K_f [K・kg/mol] とし、 B_1 を含む式で凝固点降下度 Δt [K] を表すと、

$$\Delta t = \boxed{\text{ア}}$$

となる。 Cu^{2+} に配位している NH_3 の質量モル濃度 B_2 [mol/kg] と A との間には、

$$B_2 = \boxed{\text{イ}}$$

という関係が成立する。溶液中に存在するすべての NH_3 (Cu^{2+} に配位しているものも含める) の質量モル濃度を B_3 [mol/kg] とする。 B_2 を使わずに、 Cu^{2+} に配位していない NH_3 の質量モル濃度 B_1 を表すと、

$$B_1 = \boxed{\text{ウ}}$$

となる。 A 、 B_3 、 Δt および K_f を用いて x を表すと、

$$x = \boxed{\text{エ}}$$

が導かれる。したがって、 A 、 B_3 および Δt を測定すれば、 x を実験的に求められる。

CuSO_4 と NH_3 水から調製した濃度未知の $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_x]\text{SO}_4$ の水溶液(サンプル P)を三つに分けて、以下の三つの実験にそれぞれ用いた。

まず、サンプル P に存在するすべての NH_3 (Cu^{2+} に配位しているものも含める)の濃度を次のように中和滴定で決定した。10.0 mL のサンプル P に 50.0 mL の塩酸 (0.100 mol/L) と適量の指示薬を加えた。その後、過剰量の酸を水酸化ナトリウム NaOH 水溶液 (0.100 mol/L) で滴定したところ、17.0 mL を加えた時点で中和点に達した。

次に、サンプル P に含まれる Cu^{2+} の濃度を、酸化還元滴定によって 0.0330 mol/kg と決定した。^①

最後に、サンプル P の凝固点降下度 Δt を測定したところ、0.490 K という値が得られた。

設問(1): 文中の空欄

ア

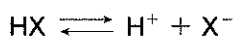
 ~

エ

 にあてはまる数式を記せ。

設問(2): 中和滴定の結果から、サンプル P に存在するすべての NH_3 (Cu^{2+} に配位しているものも含める)のモル濃度 [mol/L] を有効数字 3 桁で求めよ。

設問(3): 指示薬 HX の水溶液は変色域 (pH が 4.4 から 6.2) において、下式に示す電離平衡の状態にある。濃度比 $[\text{X}^-]/[\text{HX}]$ がこの変色域において取り得る値を、10 のべき乗で記せ。ただし、HX の電離定数 K_a は、 $10^{-5.1}$ mol/L とする。



設問(4): 下線①の滴定では、サンプル P を弱酸性にした後に、まず、過剰量のヨウ化カリウム KI 標準溶液を加え、 Cu^{2+} をすべてヨウ化銅(Ⅰ) CuI へ変換した^② (この下線②を反応 1 とする)。その後、反応 1 で生成したヨウ素 I_2 をチオ硫酸ナトリウム $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 標準溶液で滴定した(これを反応 2 とする)。反応 1 と反応 2 の化学反応式を記せ。

(次頁に続く)

設問(5)：これまでの実験データを用いて，配位数 x を小数第 1 位まで求めよ。ただし， B_3 は設問(2)で求めた NH_3 のモル濃度と等しいものと近似してよい。なお，実験で得られる x は，整数になるとは限らないことに留意せよ。必要ならば， $K_f = 1.90 \text{ K} \cdot \text{kg/mol}$ を用いよ。

草 稿 用 紙

(切りはなしてはならない)

化学 問題Ⅲ

次の文章を読んで、設問(1)～(4)に答えよ。

炭素 C には、ダイヤモンド、黒鉛およびフラーレンのように、構造や性質の異なる同素体が存在する。C の同素体は、化学電池や熔融塩電解装置などの電極として利用される。C の同素体^①を酸素雰囲気下において適切な条件で燃焼させると、二酸化炭素^② CO_2 や一酸化炭素 CO が生じる。黒鉛とダイヤモンドの燃焼熱は、それぞれ 394 kJ/mol と 396 kJ/mol である。 CO_2 は水 H_2O へわずかに溶解し、血液の緩衝作用^③などに関与する。

設問(1)：C の同素体に関する次の(ア)～(オ)の文章のうち、誤りを含むものを記号で答えよ。複数ある場合はすべて記せ。

- (ア) 黒鉛はダイヤモンドよりも高い電気伝導性を示す。
- (イ) ダイヤモンドの C 原子は、三つの価電子のみを使って共有結合している。
- (ウ) フラーレン C_{60} は一部の溶媒に溶ける。
- (エ) 黒鉛からダイヤモンドが生成すると、2 kJ/mol の発熱がおきる。
- (オ) 黒鉛はダイヤモンドよりも密度 $[\text{g}/\text{cm}^3]$ が大きい。

設問(2)：下線①に関連して、図 1 のように、融解した氷晶石へ酸化アルミニウム Al_2O_3 を少しずつ溶解させ、C からなる陽極および陰極の間に一定の電流 $3.20 \times 10^5 \text{ A}$ を流しながら熔融塩電解を 180 分間おこなった。その結果、ある質量の CO_2 と CO が陽極で、ある質量のアルミニウム Al が陰極でそれぞれ生成した。 CO_2 、 CO および Al はすべて電気分解によって生じ、酸素 O_2 は生成しなかった。また、流した電流はすべて電気分解に使用されたものとする。

(i) 陽極および陰極において、 CO_2 、 CO および Al が生じる化学反応をそれぞれ電子 e^- を用いたイオン反応式で答えよ。

(ii) 陰極で生じた Al の質量 $[\text{kg}]$ を有効数字 2 桁で答えよ。また、この熔融塩電解において、陽極の質量は 120 kg 減少した。このとき陽極で生じた CO_2 および CO の質量 $[\text{kg}]$ を有効数字 2 桁で求めよ。ただし、陽極の質量の変化はすべて CO_2 および CO の生成に由来する。また、ファラデー定数を $9.6 \times 10^4 \text{ C/mol}$ とする。

設問(3)：下線②について、標準状態における体積が 1.6 cm^3 のダイヤモンドの結晶をすべて燃焼させたところ、 CO_2 のみが生成した。このとき生じた CO_2 の標準状態における体積 $[\text{cm}^3]$ を有効数字 2 桁で求めよ。なお、ダイヤモンドの結晶の単位格子(図 2)は、一辺が $4.0 \times 10^{-8} \text{ cm}$ の立方体で、 CO_2 は理想気体とする。また、標準状態における理想気体のモル体積は 22.4 L/mol とし、ダイヤモンドの結晶は不純物を含まないものとする。

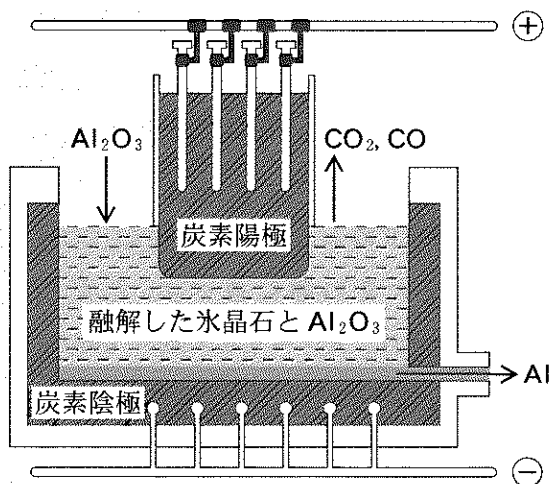


図 1

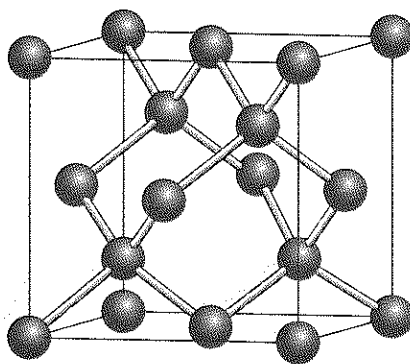
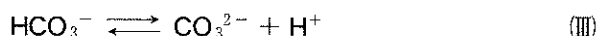
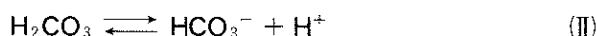
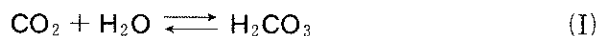


図 2

(次頁に続く)

設問(4)：下線③について， CO_2 を溶解させた水溶液中では，(I)式から(Ⅲ)式に示すように， CO_2 ，炭酸 H_2CO_3 ，炭酸水素イオン HCO_3^- および炭酸イオン CO_3^{2-} が化学平衡の状態にある。



水溶液中における CO_2 ， H_2CO_3 ， HCO_3^- ， CO_3^{2-} ， H_2O および H^+ のモル濃度[mol/L]をそれぞれ $[\text{CO}_2]$ ， $[\text{H}_2\text{CO}_3]$ ， $[\text{HCO}_3^-]$ ， $[\text{CO}_3^{2-}]$ ， $[\text{H}_2\text{O}]$ および $[\text{H}^+]$ とする。また，(II)式および(Ⅲ)式の電離定数をそれぞれ K_{a1} および K_{a2} とする。なお，(I)式の反応では， H_2O の濃度変化が十分に小さいため， $[\text{H}_2\text{CO}_3]$ と $[\text{CO}_2]$ の比は定数 K を用いて(Ⅳ)式のように表せる。

$$K = \frac{[\text{H}_2\text{CO}_3]}{[\text{CO}_2]} \quad (\text{IV})$$

- (i) 水溶液中に存在する CO_2 ， H_2CO_3 ， HCO_3^- および CO_3^{2-} のモル濃度の和 C [mol/L]を K ， K_{a1} ， K_{a2} ， $[\text{H}^+]$ および $[\text{CO}_2]$ を用いて表せ。
- (ii) CO_2 を溶解させた水溶液のpHが8.0のとき，水溶液中の $[\text{CO}_2]$ ， $[\text{H}_2\text{CO}_3]$ ， $[\text{HCO}_3^-]$ および $[\text{CO}_3^{2-}]$ を大きい順に並べよ。ただし， $K = 4.0 \times 10^{-3}$ ， $K_{a1} = 1.5 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$ ， $K_{a2} = 5.0 \times 10^{-11} \text{ mol/L}$ とする。

草稿用紙

(切りはなしてはならない)

化学 問題Ⅳ

問 1 次の文章を読んで、設問(1)～(3)に答えよ。

水素原子 H、炭素原子 C、および酸素原子 O から構成される有機化合物 A がある。化合物 A の構造を明らかにするために、次の実験を行った。8.80 mg ^①の化合物 A をとり、完全燃焼させたところ、22.0 mg の二酸化炭素 CO_2 と 10.8 mg の水 H_2O が生成した。また化合物 A の分子量を測定したところ、88.0 であった。化合物 A に単体のナトリウム Na を反応させたところ、水素 H_2 が発生した。このため、化合物 A は ア 基をもつことがわかる。化合物 A と同じ分子式で ア 基をもつ有機化合物の異性体は、化合物 A を含めて イ 種類が考えられる。さらに調べたところ、化合物 A はヨードホルム反応を呈した。以上の結果から化合物 A の候補として ウ 種類の異性体が考えられる。最後に、濃硫酸中で化合物 A の加熱反応を行ったところ、幾何異性体を含む 3 種類のアルケンが混合物として得られた。なお、3 種類のアルケンの分子式は全て同一であった。

設問(1)：下線①の結果をもとに、化合物 A の分子式を記せ。

設問(2)：文中の空欄 ア ～ ウ にあてはまる最も適切な語句または数字を記せ。ただし、イ と ウ については、鏡像異性体は区別して数えなくてよい。

設問(3)：図 1 にならって化合物 A の構造式を記せ。ただし、鏡像異性体は区別しなくてよい。

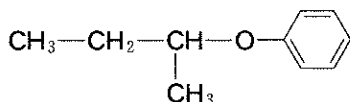


図 1

.....

1

图 2



設問(3)：下線①で示した3種類の異性体のうち、化合物Hは鏡像異性体をもたない。その構造式の一部を図4に示す。図4の空欄(a)～(d)にあてはまる原子あるいは置換基を次の(ア)～(カ)から選び、記号で答えよ。同じ選択肢を複数回使ってもよい。なお、実線で表された結合は紙面と同一平面にあることを示す。また、太いくさび形の結合は紙面の手前、破線で表された結合は紙面の向こう側にあることを示す。

- | | | |
|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| (ア) H | (イ) Br | (ウ) CH ₃ |
| (エ) C ₂ H ₅ | (オ) C ₃ H ₇ | (カ) C ₄ H ₉ |

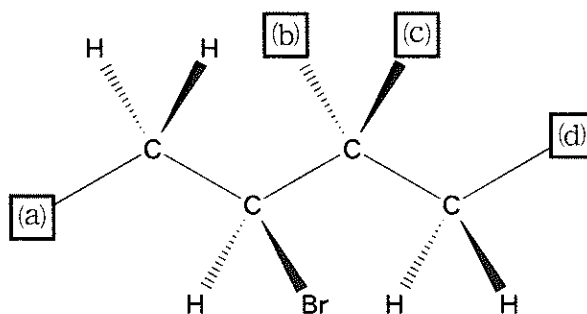


図4

設問(4)：次の(ア)～(エ)の文章のうち、誤りを含むものを記号で答えよ。複数ある場合はすべて記せ。

- (ア) フマル酸とマレイン酸のうち、分子内の脱水が起こりやすいのはフマル酸である。
- (イ) シクロプロパンは室温で臭素と反応して環を開き、1,3-ジブロモプロパンが得られる。
- (ウ) ヘキサクロロシクロヘキサンは、紫外線を当てながら、ベンゼンに塩素を反応させると得られる。
- (エ) アセチレンに水が付加すると、アセトアルデヒドが主生成物として得られる。

草 稿 用 紙

(切りはなしてはならない)

化学 問題V

次の文章を読んで、設問(1)～(5)に答えよ。なお、表1にアミノ酸の略号と等電点を示している。ペプチドのアミノ酸配列は、ペプチド結合を形成していないアミノ基をもつアミノ酸を左端として記している。図1に、例として **Gly-Ala-Gly** における **Ala** のカルボキシ基側のペプチド結合を点線で囲って示している。

表1 アミノ酸の略号と等電点

アミノ酸の名称	略号	等電点
グリシン	Gly	6.0
アラニン	Ala	6.0
チロシン	Tyr	5.7
グルタミン酸	Glu	3.2
リシン	Lys	9.7

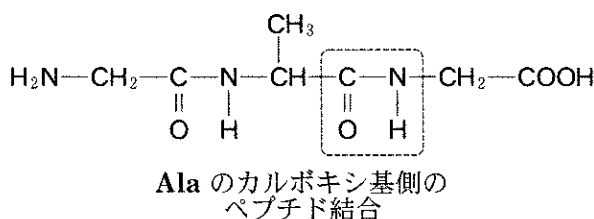


図1 **Gly-Ala-Gly** の構造式

生体内の化学反応に対して触媒として働くタンパク質を酵素という。酵素が作用する物質を基質といい、酵素は特定の基質にのみ作用して生成物を与える。この性質を酵素の **ア** という。たとえば、リパーゼは油脂を基質として脂肪酸を生成し、
^①ラクターゼは二糖のラクトースを基質として単糖の **イ** とグルコースを生成する。酵素の反応速度が最大となる温度を **ウ** といい、それより高い温度では反応速度は低下し、ほとんどの酵素は 60℃ 以上で触媒作用を失う。これは、熱によって酵素の立体構造が大きく変化するからである。このように熱などによってタンパク質の形状が変化して性質が変わることを **エ** といい、**エ** によって酵素の触媒作用が消失することを酵素の **オ** という。

タンパク質加水分解酵素は、タンパク質の特定のペプチド結合を加水分解する。その一種であるトリプシンは、アミノ酸配列に塩基性アミノ酸が含まれる場合、そのカルボキシ基側のペプチド結合を加水分解する。たとえば、**Ala-Glu-Tyr-Lys-Ala-Gly** のアミノ酸配列をもつペプチド **A** にトリプシンを作用させた場合、**Ala-Glu-Tyr-Lys** と **Ala-Gly** の2種類のペプチドが得られる。一方、キモトリプシンは、ペ

ンゼン環をもつアミノ酸がアミノ酸配列に含まれる場合、そのカルボキシ基側のペプチド結合を加水分解する。したがって、キモトリプシンをペプチド A に作用させるとトリプシン処理で得られたペプチドとは異なる 2 種類のペプチドが得られる。この②ようなタンパク質加水分解酵素の性質を利用して、ペプチドのアミノ酸配列を推定することが可能である。③

設問(1): 文中の空欄

ア

 ~

オ

 にあてはまる適切な語句を記せ。

設問(2): 下線①について、ある油脂 B をリパーゼで加水分解したところ、分子量 356 のモノグリセリド(グリセリン 1 分子と脂肪酸 1 分子がエステル結合を形成したもの)と分子量 256 および 284 の 2 種類の脂肪酸が 1 : 1 : 1 の物質質量比で得られた。この結果をもとに、油脂 B の分子量を求めよ。また、油脂 B のけん化価を求め、小数点以下を切り捨てて整数値で答えよ。ただし、水酸化カリウムの式量を 56 とする。

設問(3): ペプチド A を加水分解して得られた 5 種類のアミノ酸(グリシン、アラニン、チロシン、グルタミン酸およびリシン)を用いて、以下の実験を行った。

- (i) 5 種類のアミノ酸を用いて pH 7.4 の緩衝液中で電気泳動を行った。表 1 に示す等電点を参考にして、陰極側に移動するアミノ酸の名称を答えよ。複数のアミノ酸が該当する場合はすべて記せ。
- (ii) 5 種類のアミノ酸のうちの一つを、エタノール中で少量の濃硫酸を加えて加熱したところ、原料のアミノ酸よりも分子量が 56 大きい物質が主な生成物として得られた。この反応に用いたアミノ酸の名称を答えよ。

設問(4): 下線②について、得られた 2 種類のペプチドのアミノ酸配列を略号で記せ。

(次頁に続く)

設問(5)：下線③について、アミノ酸 6 個からなる二つのペプチド(ペプチド C およびペプチド D)のアミノ酸配列を以下の実験 1～5 をもとに推定し、略号で記せ。なお、**Phe** はフェニルアラニンの略号である。

実験 1：ペプチド C をトリプシンで加水分解すると **Ala-Lys** と **Gly-Phe** の 2 種類のペプチドが得られた。

実験 2：ペプチド D を塩酸中で加熱して完全に加水分解したところ、グリシン、リシンおよびフェニルアラニンの 3 種類のアミノ酸が得られた。

実験 3：ペプチド D をトリプシンで加水分解すると、1 種類のペプチドのみが得られた。

実験 4：ペプチド D をキモトリプシンで加水分解すると、2 種類のペプチドとリシンが生成した。

実験 5：ペプチド D のアミノ酸配列の左端を解析したところ、**Gly** であった。

草 稿 用 紙

(切りはなしてはならない)

草 稿 用 紙
(切りはなしてはならない)