２０２２年度名古屋大学大学院工学研究科
有機・高分子化学専攻、応用物質化学専攻、生命分子工学専攻
博士前期課程　入学試験問題
専門部門

注　　意

1．「物理化学」「有機化学」「無機化学」「生化学」から出題された８問から４問を選択して解答せよ。
2．この表紙の下にある所定欄に、受験番号と選択解答した４問に○印を記入すること。
3．受験番号は表紙も含めてすべての答案用紙に記入すること。
4．選択しなかった問題の答案用紙には大きく斜線を記入すること。
5．解答は答案用紙内の解答欄に直接記入すること。
6．各問題に取りかかる前に、それぞれの問題のはじめに記入されている解答上の注意事項をよく読み、それに従って解答すること。
7．冊子は取り外さずに解答を記入し、試験終了後に表紙も含めてすべて提出すること。
8．この冊子とは別に配布する草稿用紙（試験終了後回収する）にも受験番号を記入すること。

課　程	専　攻	受験番号
前　期	専攻	

選択解答した４問の番号に○印を記入

1	2	3	4	5	6	7	8

専　門	1	（1/3）	受験番号	2022年度大学院入試
				答案用紙
問題は３頁にわたり２問ある。全問解答せよ。				名古屋大学大学院工学研究科

問１　次の文章を読んで以下の問いに答えよ。すべての問いに対し、有効数字２桁で答えよ。

ある温度T、ある圧力p下で固体である化合物AB (s) は、ある理想気体A(g)と、別の理想気体 B(g) に分解し、固気界面において以下の化学平衡を実現する。

$$\mathrm{AB\ (s)} \rightleftharpoons \mathrm{A(g)} + \mathrm{B(g)}$$

250 K、500 K において化学平衡に達するとき、p はそれぞれ400 kPa、800 kPaであるとする。また、与えられた温度、圧力条件下において、以下のファントホッフの式

$$\frac{\mathrm{d}\ln K}{\mathrm{d}T} = \frac{\Delta_\mathrm{r}H^\circ}{RT^2}$$

が成り立つとし、標準反応エンタルピー $\Delta_\mathrm{r}H^\circ$は定数であるとする。気体定数 Rは8.3 J $\mathrm{K^{-1}\ mol^{-1}}$とする。必要があれば、$\ln 4 = 1.4$ を使用せよ。

(1) 250 K での熱力学的平衡定数K を求めよ。導出過程も記せ。ただし、AB (s) は固体であるため、その活量は1 とする。また、標準圧力p°は1.0×10^2 kPaとする。

(2) 250 K での標準反応ギブズエネルギー$\Delta_\mathrm{r}G^\circ$ を求めよ。

(3) $\Delta_\mathrm{r}H^\circ$ を求めよ。導出過程も記すこと。

(4) 400 K での$\Delta_\mathrm{r}G^\circ$ を求めよ。ファントホッフの式を用い、導出過程も記すこと。

解答欄

(1)	(導出過程)	(答) $K =$
(2)	(答) $\Delta_\mathrm{r}G^\circ =$	
(3)	(導出過程)	(答) $\Delta_\mathrm{r}H^\circ =$
(4)	(導出過程)	(答) $\Delta_\mathrm{r}G^\circ =$

問２　文章を読んで以下の問いに答えよ。必要に応じ、公式$\int_0^\infty x^{2n}e^{-ax^2}\mathrm{d}x = \frac{1\cdot3\cdot5\cdots(2n-1)}{2^{n+1}a^n}\left(\frac{\pi}{a}\right)^{1/2}$ $(n \geq 1)$を使ってよい。

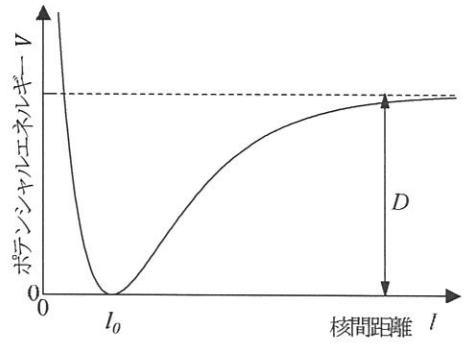
図は２原子分子の核間ポテンシャルエネルギーVを核間距離lの関数としてプロットした模式図である。ポテンシャルエネルギーVを平衡核間距離l_0の周りでテイラー展開し、４次の項まで書くと

$$V(l) = V(l_0) + \left(\frac{\mathrm{d}V}{\mathrm{d}l}\right)_{l=l_0}(l-l_0) + \frac{1}{2!}\left(\frac{\mathrm{d}^2V}{\mathrm{d}l^2}\right)_{l=l_0}(l-l_0)^2 + \frac{1}{3!}\left(\frac{\mathrm{d}^3V}{\mathrm{d}l^3}\right)_{l=l_0}(l-l_0)^3 + \frac{1}{4!}\left(\frac{\mathrm{d}^4V}{\mathrm{d}l^4}\right)_{l=l_0}(l-l_0)^4$$

となる。図のように$V(l_0) = 0$ となるようにエネルギーの原点を選ぶ。また $l = l_0$ ではエネルギーは極小であることから、$(\mathrm{d}V/\mathrm{d}l)_{l=l_0} =$ [ア] となる。さらに、$l - l_0$ を x とおき、各項の係数をそれぞれ、$(\mathrm{d}^2V/\mathrm{d}l^2)_{l=l_0} = k$、$(\mathrm{d}^3V/\mathrm{d}l^3)_{l=l_0} = \gamma$、$(\mathrm{d}^4V/\mathrm{d}l^4)_{l=l_0} = b$ と記すとき、V をxの関数として

$V(x) =$ [イ]　…　(I)

と書き直すことができる。$l = l_0$ $(x = 0)$ 近傍ではxの２次の項に比べて、より高次の項の寄与は小さく、しばしば調和振動子として近似される。



(I)式をポテンシャルエネルギーとして、シュレディンガー方程式$\hat{H}\psi(x) = E\psi(x)$ を考えると、ハミルトン演算子は

$$\hat{H} = -\frac{\hbar^2}{2\mu}\frac{\mathrm{d}^2}{\mathrm{d}x^2} + \boxed{\text{イ}}$$

と書ける。ここで $\hbar = h/2\pi$ で h はプランク定数、μ は換算質量である。

このシュレディンガー方程式の解を求めるのに、非調和項を調和振動子への摂動として扱い、１次の摂動論によって基底状態のエネルギーを求めることを考える。すなわち、$\hat{H} = \hat{H}^{(0)} + \hat{H}^{(1)}$ として$\hat{H}^{(0)}$を調和振動子のハミルトン演算子として、その他の非調和項を$\hat{H}^{(1)}$と書く。$\hat{H}^{(0)}\psi^{(0)} = E^{(0)}\psi^{(0)}$は調和振動子のシュレディンガー方程式で、厳密に解くことができ、波動関数 $\psi_n^{(0)}$とエネルギー $E_n^{(0)}$はそれぞれ

$$\psi_n^{(0)} = \left[\left(\frac{\alpha}{\pi}\right)^{1/2}\frac{1}{2^n n!}\right]^{1/2} H_n\left(\alpha^{1/2}x\right)e^{-\alpha x^2/2}$$

$$E_n^{(0)} = \left(n + \frac{1}{2}\right)h\nu, \qquad n = 0,1,2,\cdots \qquad \cdots \quad \text{(II)}$$

と得られる。ここで ν は振動数、$\alpha = (k\mu/\hbar^2)^{1/2}$ で、H_nはエルミート多項式である。$n = 0$ では$H_0(\alpha^{1/2}x) = 1$で定数であり、すなわち基底状態における調和振動子の波動関数は

$\psi_0^{(0)} =$ [ウ]

である。摂動論では、波動関数やエネルギーを $\psi = \psi^{(0)} + \psi^{(1)} + \cdots$、$E = E^{(0)} + E^{(1)} + \cdots$のように展開するが、ここではエネルギーの１次摂動だけを考える。摂動法に従い、$E^{(1)}$は $E^{(1)} = \int_{-\infty}^{\infty}\psi^{(0)}(x)^*\hat{H}^{(1)}\psi^{(0)}(x)\mathrm{d}x$ で見積もられる。これを用い、非調和振動子の基底状態のエネルギーを計算すると、$E^{(1)} =$ [エ] となり、１次の摂動論では、全基底状態エネルギーは$E = E^{(0)} + E^{(1)} = \frac{1}{2}h\nu +$ [エ] となる。

(1) 図中のDは何と呼ばれるエネルギーであるか答えよ。

(2) ２原子分子の換算質量 μ を２つの原子の質量 m_1 及び m_2 を用いて記述せよ。

(3) 空欄 [ア] ～ [エ] に入る適切な数式を答えよ。[エ] については積分を実行し、解答は k を含む式で答え、さらに導出過程も示すこと。

(4) 調和振動子の角振動数ωは$\omega = (k/\mu)^{1/2}$ と表すことができる。また、調和振動子モデルでは (II)式のエネルギー準位において隣接準位間にだけ遷移が許される $(\Delta n = \pm 1)$ ので、観測される振動数νから、力の定数 k を推定することができる。遷移エネルギーΔEの計算から始め、k を ν の関数として導出せよ。導出過程も示すこと。

専　門	1	(3/3)	受験番号	2022年度大学院入試
問題は3頁にわたり2問ある。全問解答せよ。				答案用紙
				名古屋大学大学院工学研究科

問2　解答欄

(1)				
(2)				
(3)	ア			
	イ			
	ウ			
	エ	導出		
			答え	
(4)	導出			
			$k =$	

専　門	2	（1/2）	受験番号	2022年度大学院入試
				答案用紙
問題は２頁にわたり２問ある。全問解答せよ。				名古屋大学大学院工学研究科

問１　次の文章を読んで以下の問いに答えよ。

反応物Aから生成物Pを生ずる化学反応において、Pにより反応速度が促進される自触媒過程 $A \xrightarrow{P} P$ を考える。このような過程は、Belousov-Zhabotinsky 反応などで現れることが知られている。ここでは、自触媒過程以外の素反応は無視すると、反応速度vは$v = -\mathrm{d}[\mathrm{A}]/\mathrm{d}t = k[\mathrm{A}][\mathrm{P}]$と表せる。$k$は速度定数、[A]および[P]は反応時間 tにおけるA、Pの濃度である。次に、反応開始時のA、Pの初濃度をそれぞれ$[\mathrm{A}]_0$、$[\mathrm{P}]_0$（ただし、$[\mathrm{A}]_0 \gg [\mathrm{P}]_0 > 0$）、反応時間 tにおけるPの生成量をxとおけば、速度式は以下の(Ⅰ)式に書き直せる。

$$\frac{\mathrm{d}x}{([\mathrm{A}]_0 - x)([\mathrm{P}]_0 + x)} = k\mathrm{d}t \qquad (\mathrm{I})$$

これを解くことで、以下のように、積分形の(Ⅱ)式が得られる。

$$\ln\left\{\boxed{\quad ア \quad} \times \left(\frac{[\mathrm{P}]_0 + x}{[\mathrm{A}]_0 - x}\right)\right\} = (\boxed{\quad イ \quad}) \times kt \qquad (\mathrm{II})$$

ここで、$a/k =$ $\boxed{\quad イ \quad}$、$b^{-1} =$ $\boxed{\quad ア \quad}$ とおけば、以下の[P]とtの関係を表す(Ⅲ)式が得られる。

$$\frac{[\mathrm{P}]}{[\mathrm{P}]_0} = (\boxed{\quad ウ \quad}) \times \frac{e^{at}}{1 + be^{at}} \qquad (\mathrm{III})$$

(1)　空欄ア～ウに適切な数式を入れよ。また、各欄の解答に必要な(Ⅱ)式、(Ⅲ)式の導出過程も併せて示せ。

(2)　$[\mathrm{P}]/[\mathrm{P}]_0$の達しうる最大値を、$b$を使った式で表せ。導出過程も示せ。

(3)　vが最大速度となるときの$[\mathrm{P}]/[\mathrm{P}]_0$を、$b$を使った式で表せ。導出過程も示せ。

解答欄

(1)	(導出過程：ア～ウ共通欄)	(答) ア
		(答) イ
		(答) ウ
(2)	(導出過程)	(答)
(3)	(導出過程)	(答)

専　門	2	(2/2)	受験番号	2022年度大学院入試
				答案用紙
問題は2頁にわたり2問ある。全問解答せよ。				名古屋大学大学院工学研究科

問2　次の文章を読んで以下の問いに答えよ。なお、気体定数R、絶対温度T、ファラデー定数Fは必要な場合に用いよ。また、純粋な固体の活量は1として良い。

難溶性の塩であるAgClの解離反応は次式のようになる。

$$AgCl \rightarrow Ag^{+} + Cl^{-} \quad (I)$$

AgClの溶解度が小さいため、重量測定を行うことで溶解度積K_{sp}を求めることは困難だが、Ag｜Ag^{+}電極系の平衡電極電位を測定することで、K_{sp}を求めることができる。Ag｜Ag^{+}電極系の電極反応は、

$$Ag \rightarrow Ag^{+} + e^{-} \quad (II)$$

であり、この反応の標準電極電位を$E_1{}^0$とする。

また、(I)の反応は、(II)の反応と次の(III)の反応で成り立っていると考えられる。

$$AgCl + e^{-} \rightarrow Ag + Cl^{-} \quad (III)$$

この反応の標準電極電位を$E_2{}^0$とする。

AgClの難溶性の性質から判断すると、AgClの解離反応が進む場合に生じる1モルあたりのギブズエネルギー$\Delta_r G^0$は［ア］の値となるので、上述の両標準電極電位の大きさを比較すると、$E_1{}^0$［イ］$E_2{}^0$となる。

また、AgClのK_{sp}は、銀イオンおよび塩化物イオンの活量をそれぞれa_{Ag^+}、a_{Cl^-}とすると、次式で表すことができる。

K_{sp} ＝［ウ］　(D)

$\Delta_r G^0$とK_{sp}の関係から、K_{sp}は$E_1{}^0$と$E_2{}^0$を用いて求めることができる。

(1) 空欄［ア］～［ウ］に、［ア］は（正、負）のどちらか、［イ］は不等号、［ウ］は適切な数式を入れよ。

(2) $\Delta_r G^0$を$E_1{}^0$と$E_2{}^0$を用いて表せ。

(3) K_{sp}を$E_1{}^0$と$E_2{}^0$を用いて表せ。導出過程も記せ。

(4) 塩化銀の飽和濃度をX (mol・dm^{-3})とした場合、Xを$E_1{}^0$、$E_2{}^0$を用いて表せ。導出過程も記せ。なお、ここでは、イオンの活量をモル濃度で代用して良い。

(5) 塩化銀の溶解度積は、塩化銀の飽和溶液の比伝導度Λ (Ω^{-1}cm^{-1})を測定することでも求めることができる。無限希釈溶液中における銀イオンと塩化物イオンの当量伝導度がそれぞれ、λ_{Ag^+} (Ω^{-1}cm^{2}mol^{-1})、λ_{Cl^-} (Ω^{-1}cm^{2}mol^{-1})である場合、塩化銀の溶解度積を示せ。

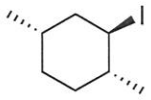
解答欄

(1)	(ア)	(イ)	(ウ)
(2)			
(3)	導出過程：	答：	
(4)	導出過程：	答：	
(5)	導出過程：	答： (mol^2・m^{-6})	

専　門	3	（1/2）	受験番号	2022年度大学院入試
				答案用紙
問題は２頁にわたり２問ある。全問解答せよ。				名古屋大学大学院工学研究科

問１　以下の問いに答えよ。

(1) 右に示した化合物 **A** について次の問いに答えよ。立体化学が生じる場合は立体化学がわかるように示すこと。



A

(i) 化合物 **A** の立体中心(不斉炭素)に*をつけて、その立体配置を *R,S* 表記で示せ。解答は解答欄中の構造式に対して記入せよ。

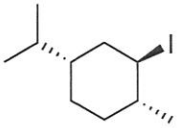
(ii) 化合物 **A** のジアステレオマーのうち一つの構造式を記せ。

(iii) 化合物 **A** に DMSO 中で NaN_3 を反応させた際の主生成物の共鳴構造式を記せ。

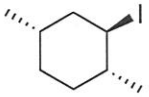
(iv) 化合物 **A** の 2 つのいす型配座を示し、より安定な配座を囲んで示せ。

(v) 化合物 **A** に CH_3CH_2OH 中で CH_3CH_2ONa を反応させた際の主生成物の構造式を記せ。

(vi) (v)の反応と同じ条件で右の化合物 **B** を反応させた場合、反応が速いのは **A**, **B** どちらか。理由と共に答えよ。

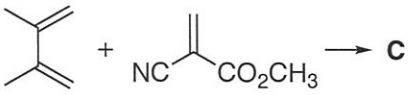


B

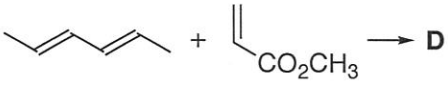
(i) 	(ii)	(iii)
(iv)	(v)	(vi)

(2) 以下に示した反応(a)~(d)について問いに答えよ。立体化学が生じる場合は立体化学がわかるように示せ。

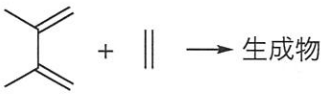
(a)



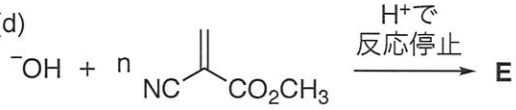
(c)



(b)



(d)

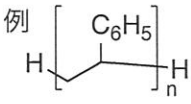


(i) 反応(a)の主生成物 **C** の構造式を記せ。

(ii) 反応(b)よりも反応(a)の方が速いが、その理由を説明せよ。

(iii) 反応(c)の主生成物 **D** のエナンチオマーのうち一つの構造式を記せ。

(iv) 反応(d)の主生成物 **E** の構造式を両末端構造に注意しながら右の例にならって記せ。ただし立体化学を示す必要は無い。

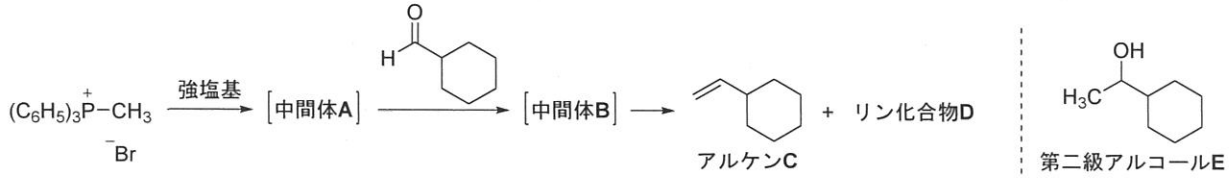


(i)	(ii)	(iii)	(iv)

専　門	3	(2/2)	受験番号	2022年度大学院入試
				答案用紙
問題は2頁にわたり2問ある。全問解答せよ。				名古屋大学大学院工学研究科

問2　以下の問いに答えよ。

(1)　Wittig 反応に関する以下の問いに答えよ。



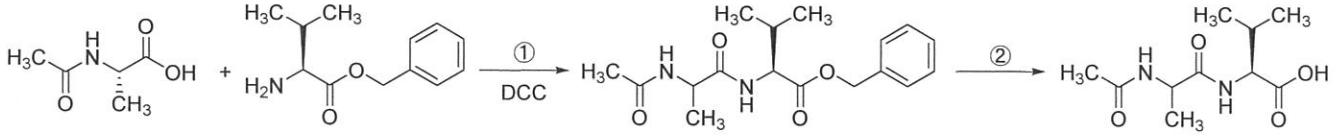
(a)　中間体 **A** の共鳴構造式を記せ。

(b)　電荷をもたない中間体 **B** および反応で副生するリン化合物 **D** の構造式を記せ。

(c)　酸触媒を用いた第二級アルコール **E** の脱水反応は、アルケン **C** の合成には不適切である。その理由を述べよ。

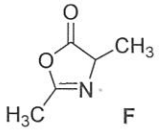
(a) 中間体 **A** ⟷		(c)
(b) 中間体 **B**	リン化合物 **D**	

(2)　ペプチド合成に関する以下の問いに答えよ。



(a) DCC によるアミン RNH_2 とカルボン酸 R'COOH の縮合反応の機構を、電子の流れがわかる曲がった矢印を用いて示せ（DCC＝*N,N'*-dicyclohexylcarbodiimide）。

(b) 反応①は、カルボキシル基供与側のアミノ酸（*N*-acetylalanine）のラセミ化を伴ってジペプチドのジアステレオマー混合物を与える場合がある。これは、*N*-acetylalanine の一部が化合物 **F** となりエノラートを経てラセミ化することによる。化合物 **F** が、アミノ酸エステルに比べてエノラートを生成し易い理由を簡潔に説明せよ。



F

(c) 反応②では toluene が副生する。反応に必要な試薬を二つ記せ。

(a) 反応機構		
(b) 理由	(c)	

専　門	4	（1/3）	受験番号	2022年度大学院入試
				答案用紙
問題は３頁にわたり２問ある。全問解答せよ。				名古屋大学大学院工学研究科

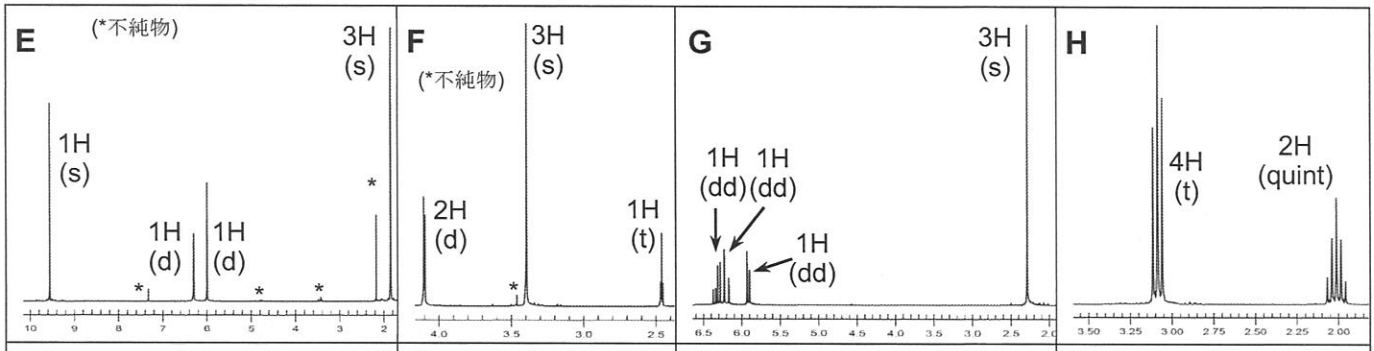
問１　以下の問いに答えよ。

(1) 分子式 C_8H_{10} を持つ芳香族化合物 **A~D** は ^{13}C NMR スペクトル (ブロードバンドデカップリング測定) において以下のシグナルを示す。化合物 **A~D** の構造式を記せ。

化合物	^{13}C NMR スペクトル (室温、δ/ppm)
A	144.2, 128.4, 127.9, 125.7, 29.0, 15.6
B	137.7, 130.0, 128.2, 126.1, 21.3
C	136.4, 129.6, 125.9, 19.7
D	134.7, 129.0, 20.9

A	**B**
C	**D**

(2) 分子式 C_4H_6O を持つ化合物 **E~H** の ^{1}H NMR スペクトル($CDCl_3$ 溶液、室温)、^{13}C NMR 化学シフト($CDCl_3$ 溶液、室温)および赤外スペクトル(液体)における特徴的な吸収を示した。化合物 **E~H** の構造式を記せ。



^{13}C NMR (ppm) 194.6, 146.2, 134.2, 13.9	^{13}C NMR (ppm) 79.5, 74.5, 59.6, 57.5	^{13}C NMR (ppm) 198.8, 137.5, 129.0, 26.3	^{13}C NMR (ppm) 208.9, 47.7, 9.8
赤外吸収 1699 cm^{-1}	赤外吸収 2117 cm^{-1}	赤外吸収 1720 cm^{-1}	赤外吸収 1783 cm^{-1}
E	**F**	**G**	**H**

(3) 以下は質量分析におけるイオン化法の説明である。それぞれ当てはまるイオン化手法の略称を選択肢から選んで答えよ。

選択肢：APCI・CI・DART・EI・ESI・FAB・MALDI

(a) マトリックスに分散させた試料に Xe 原子を高速で衝突させてイオン化する方法

(b) マトリックスに分散させた試料にレーザーを照射してイオン化する方法

(c) 試料溶液に電圧をかけて微細な液滴を発生させ、溶媒の蒸発を伴ってイオン化する方法

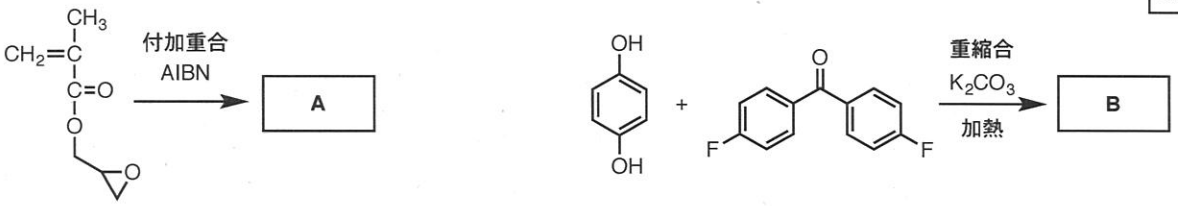
(d) 試薬ガスに電子を衝突させて生成したイオンを試料に当ててイオン化する方法

(a)
(b)
(c)
(d)

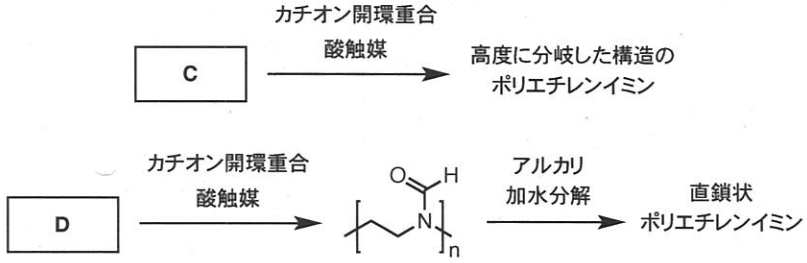
(4) 質量分析における飛行時間型質量分析計の原理と特徴について述べよ。

問2 以下の問いに答えよ。

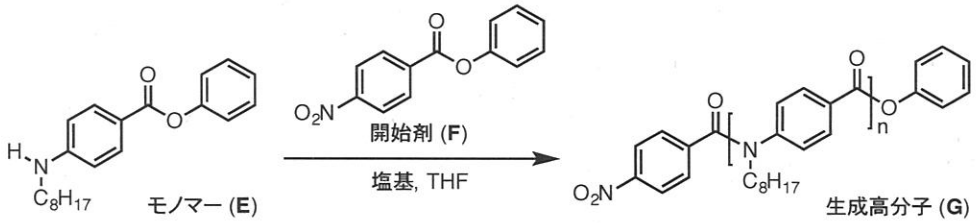
(1) 以下の重合反応により生成するポリマーの構造式 (**A**, **B**) を例にならって示せ。



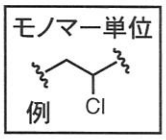
(2) 以下の反応を用いて、高度に分岐した構造および直鎖状のポリエチレンイミンを与えるために必要なモノマー (**C**, **D**) の構造式を示せ。



(3) 分子量を制御可能な以下の連鎖重縮合について、モノマー (**E**)、開始剤 (**F**)、生成高分子 (**G**) を、それに含まれるエステルの反応性が高い順に記号を用いて並べよ。



(4) トルエン中、*n*-ブチルリチウム (n-C_4H_9Li) を開始剤に用いたメタクリル酸メチルのアニオン重合は一部副反応を伴って進行し、2種のモノマー単位を含むポリマーを与える。各モノマー単位の構造を例にならって示せ。



(5) 炭化水素溶媒中、n-C_4H_9Li を開始剤に用いたイソプレンのアニオン重合により得られるポリマーの主なモノマー単位の構造を、立体化学がわかるように例にならって示せ。また、このモノマー単位が生成する反応機構を説明せよ。

(6) イソブテンのカチオン重合において、硫酸を開始剤とする場合に比べて、水と塩化アルミニウムを開始剤として用いた方が、より高分子量のポリマーを得ることができる。その理由を「対イオン」の語句を用いて述べよ。

【解答欄は次頁】

問2　（続き）

(1)

A	B

(2)

C	D

(3)

反応性　　＞　　＞

(4)

モノマー単位の構造	

(5)

モノマー単位の構造	反応機構

(6)

理由

専　門	5	（1/3）	受験番号	2022年度大学院入試
				答案用紙
問題は３頁にわたり２問ある。全問解答せよ。				名古屋大学大学院工学研究科

問１　図は、成分Ａおよび成分Ｂからなる２成分凝縮系に関する定圧下における平衡状態図である。成分Ａおよび成分Ｂのモル百分率（mol%）を、それぞれx_Aおよびx_Bとする。温度T_1において、系は単一の液相Ｌになる。図中のα_{ss}およびβ_{ss}は、それぞれＡおよびＢを主成分とする固溶体相を示す。この図を用いて、以下の問いに答えよ。

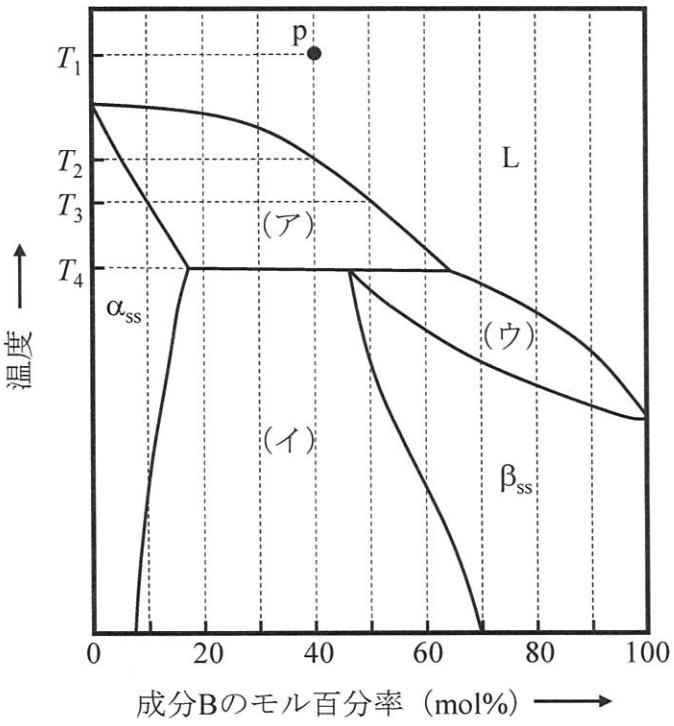
(1)　図中の（ア）、（イ）、（ウ）で示す領域に存在する相を図中の記号を用いて示せ。

(2)　点ｐの状態から冷却したとする。温度T_2で起こる反応を図中の記号を用いて示せ。

(3)　(2)の状態をさらに冷却し、温度T_3とした。このとき共存する各相について組成x_A、x_Bを答えよ。また、各相の全体に対する割合を答えよ。

(4)　(3)の状態からさらに冷却したとする。温度T_4に達すると起こる反応を示し、その名称を述べよ。

(5)　(4)の反応は、しばしば不完全にしか進行しない。その反応過程で共存する全ての相の組織を例にならって模式的に描け。解答欄の例は、融液Ｌ中に固相Ｓが析出している様子を示す。



解答欄

(1)	（ア）	（イ）	（ウ）
(2)	T_2で起こる反応		
(3)	相の組成	相の割合	
(4)	T_4で起こる反応	名称	
(5)	例 L S		

問２　2019年にノーベル化学賞が授与された「リチウムイオン二次電池の開発」について以下の文章を読み、(1)~(4)の問いに答えよ。

リチウムイオン二次電池では、(ア) 負極には黒鉛（C）、正極にはコバルト酸リチウム（$LiCoO_2$）が用いられている。充電時には、正極ではリチウムイオンは (イ) コバルト酸リチウムの結晶格子中から引き抜かれ、負極では黒鉛層間に挿入されて (ウ) リチウム—黒鉛層間化合物が形成される。放電時には、リチウムイオンは負極から正極へと移動する。これらの反応が可逆的に起こることから、何度も充放電を繰り返せる優れた二次電池として機能する。最近、次世代の二次電池の一つとして、電解液を (エ) 固体電解質に置き換えた全固体二次電池の研究開発が盛んに行われている。

(1) 下線部（ア）について、このリチウムイオン二次電池の充電時における負極と正極反応を記せ。

(2) 下線部（イ）に関連して、コバルト酸リチウムの結晶構造について述べた次の文章を読み、空欄①～③に入る最も適切な語句を記せ。

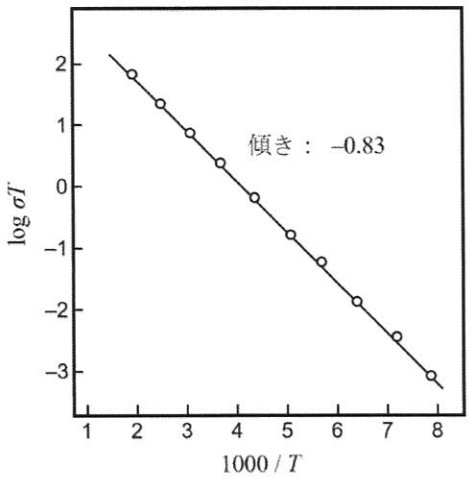
コバルト酸リチウムは、層状岩塩型（α-$NaFeO_2$型）結晶構造をとり、酸化物イオンの最密充填の垂直方向に交互に Li^+ と Co^{3+} が規則配列して層状構造となっている。Li^+ と Co^{3+} は、いずれも酸化物イオンの［　①　］位置を占有している。リチウムイオンが引き抜かれていくと、結晶系が［　②　］晶（$a=b=c, \alpha=\beta=\gamma\neq90°$）から［　③　］晶（$a\neq b\neq c, \alpha=\gamma=90°, \beta\neq90°$）へと変化する。

(3) 下線部（ウ）について、このようなアルカリ金属—黒鉛層間化合物は、黒鉛と比較してその電気的性質はどう変化するか。その理由とともに80字程度で記せ。

(4) 下線部（エ）に関連して、よく知られているナトリウムイオン伝導体として、β-アルミナがあげられる。β-アルミナは、$Na_2O \cdot nAl_2O_3$ の一般式で表され、Al–O からなるスピネルブロックと Na–O からなる伝導層が交互に積層した結晶構造をとる。

1) β-アルミナ固体電解質の実用例として、二次電池がある。その名称を一つあげよ。

2) 右図は、β-アルミナの導電率（σ）と絶対温度（T）の積の対数を絶対温度の逆数に対してプロットした図である。このようなグラフは何と呼ばれるか。また、このデータから活性化エネルギーを計算し有効数字2桁で答えよ（気体定数 $R = 8.3$ (J K^{-1}mol^{-1})、$\log_e 10 = 2.3$ を用いよ）。



3) β-アルミナのナトリウムイオン伝導機構を、その結晶構造と関連付けて、40字程度で説明せよ。

4) 固体電解質用の β-アルミナは、1500 °C 以上の高温で熱処理した焼結体を合成する必要があるが、純度の高い β-アルミナ焼結体の合成は比較的難しい。この理由について、20字程度で説明せよ。

問２　解答欄

(1)	負 極		
	正 極		
(2)	①	②	③
(3)			
(4)	1)		
	2)	グラフの名称	
		活性化エネルギーの算出（計算過程） 活性化エネルギー：　　(kJ mol^{-1})	
	3)		
	4)		

専　門	6	（1/2）	受験番号	2022年度大学院入試
				答案用紙
問題は２頁にわたり２問ある。全問解答せよ。				名古屋大学大学院工学研究科

問１　以下の文章を読み、(1)〜(6)の問いに答えよ。

チタン酸バリウム ($BaTiO_3$) に代表される強誘電体は、外部から電界を印加しなくても自発的に [A] が生じる性質をもつ。$BaTiO_3$ の 25 ℃での結晶構造は、[B] 晶系の (a) ペロブスカイト型構造であり、c 軸の長さが a, b 軸より僅かに長く、各イオンは c 軸方向に変位しやすくなっている。$BaTiO_3$ は (b) 130 ℃以上に加熱すると異方性のない [C] 晶系に相転移し、自発 [A] が消滅する。また、$BaTiO_3$ は、Ba^{2+}イオンの一部を [①] で、Ti^{4+}イオンの一部を [②] で置換することで相転移温度を調整し、実用材料として幅広く使われている。

(1) 空欄A、B、Cにあてはまる最も適切な語句を答えよ。

(2) 強誘電相 $BaTiO_3$ におけるイオンの変位の方向を矢印で示せ。

(3) 下線部 (a) のペロブスカイト型構造のイオン変位を表すために利用される許容因子 t について、各イオンの半径（r_{Ba}, r_{Ti}, r_O）との関係式を示せ。また、次のイオン半径を用いて t を計算し、構造の安定性について述べよ。Ba^{2+}: 134 pm, Ti^{4+}: 68 pm, O^{2-}: 140 pm。

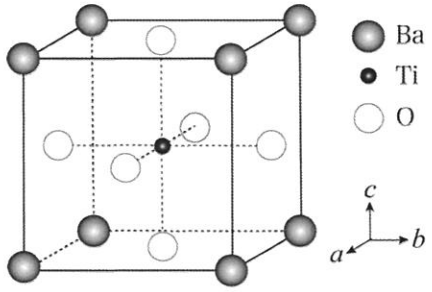
(4) 下線部 (b) の相転移温度は何と呼ばれるか。また、この相転移に伴って変化する特性について説明せよ。

(5) 空欄①、②にあてはまるイオン名を１つずつ記入せよ。

(6) $BaTiO_3$ を用いた電子部品の例を２つ答えよ。

解答欄

(1)	A	B	C

(2)		(3)	許容因子 t の関係式
			構造の安定性

(4)	相転移温度の名称
	相転移に伴って変化する特性

(5)	①	②
(6)		

専　門	6	（2/2）	受験番号	2022年度大学院入試
				答案用紙
問題は２頁にわたり２問ある。全問解答せよ。				名古屋大学大学院工学研究科

問２　半導体に関する以下の文章を読み、(1)〜(7)の問いに答えよ。

(1) ダイヤモンド、Si、Ge をバンドギャップの大きい順に並べ、その理由を述べよ。

(2) 高純度の Si にごく少量の P をドーピングした場合、n 型半導体、p 型半導体のいずれとなるか示し、その理由を述べよ。

(3) 次の半導体のうち、p 型半導体となるものを全てあげよ。

(a) B をドーピングしたダイヤモンド、(b) Ge をドーピングした Si、(c) As をドーピングした Ge、
(d) Zn をドーピングした GaAs、(e) N をドーピングした ZnO

(4) 以下の文中の空欄A〜Dにあてはまる最も適切な語句を答えよ。

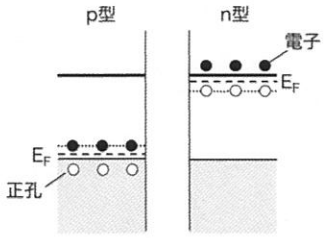
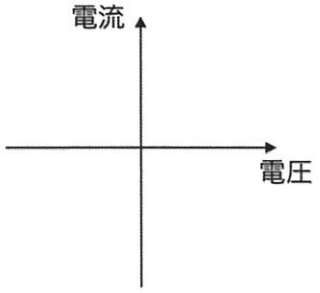
半導体の重要な応用のひとつに、n 型半導体と p 型半導体を接合した p-n 接合ダイオードがある。p-n 接合ダイオードは一方向にだけ電流を流す整流効果を示し、p 型側を正、n 型側を負になるように電場（順バイアス）を印加すると、p 型側の電子のエネルギー準位は［ A ］し、相対的に n 型側の準位は［ B ］する。このため、エネルギー障壁は［ C ］なり、障壁を飛び越えることのできるキャリア数が著しく［ D ］する。

(5) 解答欄中に示した n 型および p 型半導体のエネルギー準位図を参考に、熱平衡状態における p-n 接合のエネルギー準位図を描け（E_F はフェルミ準位である）。図中には、接合後のフェルミ準位を点線で示すこと。

(6) p-n 接合における電圧—電流特性を描け。

(7) Si などの単結晶において、p-n 接合を作製する方法を１つ答えよ。

解答欄

(1)	バンドギャップの大きい順 ＞　　＞	理由		
(2)	n 型 or　p 型半導体	理由		
(3)				
(4)	A	B	C	D
(5)	例）  	p-n 接合	(6)	
(7)				

問１　光合成とヌクレオチド代謝に関する以下の設問に答えよ。

(1)　光合成に関する下の文章の ① ～ ⑩ に当てはまる適切な語句を下のボックス内から選べ。ただし、同じ番号には同じ語句が入る。また、ボックス内には解答に使用しない語句も含まれる。

光合成では、光エネルギーを化学エネルギーに変換する。光合成は、光エネルギーで ① と ② を合成する明反応と、 ① と ② を使って ③ と ④ から ⑤ を合成する暗反応から成る。光合成が行われる細胞内小器官である葉緑体には、外膜と内膜があり、それらの間は空間になっている。内膜に囲まれた部分が ⑥ であり、ここで ⑦ が起こる。 ⑥ は酵素の濃厚溶液で、ここには ⑧ とよばれる膜構造があり、平たい円板状の袋構造になり、この袋が積み重なって ⑨ をつくる。 ⑨ は、 ⑧ の一部の ⑩ とよばれる部分によって相互につながっている。

明反応、暗反応、糖、ミトコンドリア、葉緑体、チラコイド膜、リソソーム、ストロマ、クリスタ、グラナ、マトリックス、ストロマラメラ、NADPH、NADH、$FADH_2$、ATP、H_2O、O_2、N_2、CO_2

(2)　光合成に関する下の文 1)～5)の中には、下線部に誤りがある文が 3 つ含まれている。その 3 つをすべて選び、下線部を修正せよ。

1)　緑色植物の光合成では、<u>光化学系 I から光化学系 II</u> へと電子が流れる。
2)　<u>TCA 回路</u>で、リブロース 1,5-ビスリン酸によって CO_2 が固定される。
3)　<u>RuBisCo</u> は生物界に最も大量に存在する酵素である。
4)　光化学系 I は 700 nm、光化学系 II は 680 nm よりも<u>長い</u>波長の光に応じて働く。
5)　生理条件で RuBisCo は Mg^{2+} と結合することで<u>活性をもつ</u>。

(3)　ヌクレオチド代謝に関する左の語句 1)～5)の説明として適切なものを右のア)～キ)から選べ。

1)　カルバモイルリン酸シンターゼ II
2)　オロチジル酸
3)　チミジル酸シンターゼ
4)　ジヒドロ葉酸レダクターゼ
5)　5-ホスホリボシルピロリン酸 (PRPP)

ア)　活性形リボース
イ)　2 分子の ATP が必要
ウ)　デオキシウリジル酸のメチル化を行う
エ)　がん化学療法の優れた標的
オ)　ラジカルが生じる
カ)　ピリミジンヌクレオチドの一種
キ)　痛風の原因

【問題の続きと解答欄は次頁】

(4)　ヌクレオチド代謝に関する下の文1)〜5)の中には、下線部に誤りがある文が3つ含まれている。その3つをすべて選び、下線部を修正せよ。

1) ピリミジンヌクレオチドの *de novo* 合成では、環がつくられた後にリボースリン酸に連結される。
2) アスパラギン酸カルバモイルトランスフェラーゼ (ATCアーゼ) はCTPによってアロステリックに活性化される。
3) DNAのアデニンとグアニンはピリミジン環をもつ。
4) ピリミジン環の原子はアスパラギン酸とカルバモイルリン酸に由来する。
5) リボヌクレオチドレダクターゼにより、リボヌクレオシド三リン酸からデオキシリボヌクレオチドが合成される。

解答欄

(1)	①	②	③	④
	⑤	⑥	⑦	⑧
	⑨	⑩		

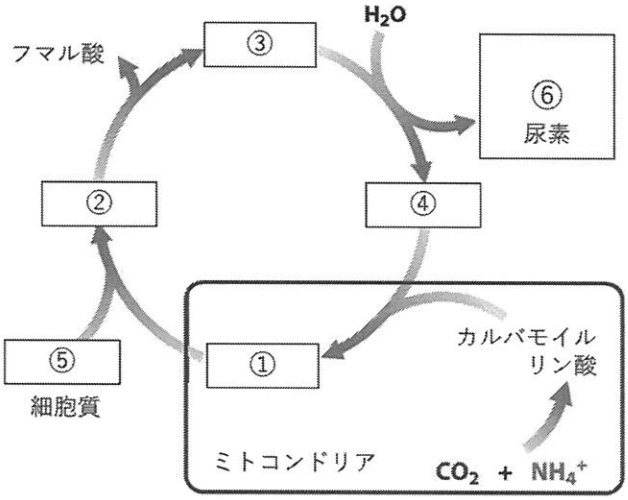
	番号	修正
(2)		

(3)	1)	2)	3)	4)	5)

	番号	修正
(4)		

問２　アミノ酸代謝と脂質代謝に関する以下の設問に答えよ。

(1)　下図は尿素サイクルを表す。 ① ～ ⑤ に適切な語句を入れよ。 ⑥ に尿素の構造式を示せ。



（ストライヤー生化学第8版を一部改変）

(2)　脂肪酸代謝に関する下の文 1)～5)の中には、下線部に誤りがある文が 3 つ含まれている。その 3 つをすべて選び、下線部を修正せよ。

1)　哺乳類細胞では、C22 以上の超長鎖脂肪酸は<u>液胞</u>において酸化される。
2)　クエン酸は脂肪酸合成を<u>促進する</u>。
3)　脂肪酸合成酵素は<u>アセチル CoA</u> を次々に連結し、パルミチン酸を生成する。
4)　絶食時に、脳は<u>ケトン体</u>を燃料として利用する。
5)　アシル CoA は<u>トリカルボン酸輸送系</u>でミトコンドリアに運搬される。

(3)　摂取したトリアシルグリセロールは、胆汁酸とミセルを形成して腸のリパーゼによる分解を受ける。分解物は小腸内面を覆う上皮細胞に吸収され、上皮細胞内で再びトリアシルグリセロールに変換された後に脂肪細胞に吸収される。上皮細胞内で再変換されたトリアシルグリセロールが脂肪細胞に吸収されるまでの過程を 80～140 字で説明せよ。ただし、下のボックス内の語句をすべて 1 回以上使用すること。

リポタンパク質リパーゼ、キロミクロン、毛細血管

(4)　マルガリン酸は炭素原子を 17 個持つ飽和脂肪酸である。最終産物がクエン酸回路でオキサロ酢酸にまで代謝されると考えると、マルガリン酸の完全酸化によって得られる ATP 数は 100 分子であり、パルミチン酸の 106 分子よりも少ない。その理由を 120～200 字で説明せよ。

【解答欄は次頁】

専　門	7	（4/4）	受験番号	2022年度大学院入試
問題は４頁にわたり２問ある。全問解答せよ。				答案用紙
				名古屋大学大学院工学研究科

解答欄

(1)	①	②	③	⑥
	④	⑤		

	番号	修正
(2)		

(3)	
(4)	

問１　膜輸送および細胞内シグナル伝達に関する以下の設問に答えよ。

(1) 細胞膜を介する物質の輸送に関して、能動輸送および受動輸送の機構をそれぞれ５０字程度で説明せよ。

(2) 胃の内部は pH 約 1.0 と強酸性な環境である。そのような環境がどのように実現されるかに関して、中心的な役割を果たすタンパク質の名前を挙げた上で、イオンの輸送の観点から１００字程度で説明せよ。

(3) 以下の文章中の ① ～ ④ に当てはまる適切な語句、 ア ～ イ には酵素名を示せ。

細胞膜上で G タンパク質共役型受容体に作動薬が結合した際には、細胞内では細胞内情報伝達系を活性化するきっかけとなる低分子代謝産物が産生される。それらの分子は ① とよばれ、代表的なものとしてサイクリック AMP（cAMP）、イノシトール三リン酸（IP_3）が知られる。cAMP は ア により基質である ② から産生される。IP_3 は イ により産生される。IP_3 が小胞体に存在する IP_3 受容体に作用すると、細胞内の ③ 濃度が大幅に上昇する。また、 イ の酵素反応においては ④ も産生され、 ④ はプロテインキナーゼ C を活性化する。

(4) チロシンキナーゼ型受容体のリガンド結合に伴う活性化について、受容体のタンパク質構造およびリン酸化の観点から１５０字程度で説明せよ。

(5) Ras タンパク質において、GTP と結合する部位である Gly 12 および Gln 61 にミスセンス変異が加わるとがん化の原因となる。その原因に関して、Ras タンパク質の活性およびキナーゼカスケードの観点から２００字程度で説明せよ。

【解答欄は次頁】

専　門	8	（2/4）	受験番号	2022年度大学院入試
問題は４頁にわたり２問ある。全問解答せよ。				答案用紙
				名古屋大学大学院工学研究科

解答欄

(1)	能動輸送			
	受動輸送			
(2)				
(3)	①	②	③	④
	ア	イ		
(4)				
(5)				

問2　遺伝子の複製および転写に関する以下の設問に答えよ。

(1) 以下の文章中の ① ～ ④ に当てはまる適切な語句、 ア ～ イ には酵素名を示せ。

DNA の複製においては、二本の親鎖は別々な方法で複製される。複製前の二本鎖 DNA が一本鎖にほどかれる分岐点は ① と呼ばれる。 ① が移動する向きに沿って 5'→3' 方向に延びる娘鎖は ② と呼ばれ、 ① の進行に沿って、 ア により連続合成される。もう一方の娘鎖は ③ と呼ばれ、5'→3' 方向に不連続的に合成される。その断片は、 ④ と呼ばれる。 ④ は イ により共有結合で繋がれる。

(2) 以下の文章中の ⑤ ～ ⑩ に当てはまる適切な語句を示せ。

真核生物において、mRNA は転写後に様々な修飾を受ける。5' 末端は ⑤ が付与され、特徴的な構造をとる。3' 末端には ⑥ とよばれる配列が付加される。また、アミノ酸をコードしない遺伝子領域である ⑦ を除き、アミノ酸をコードする遺伝子領域である ⑧ をつなぎ合わせるスプライシングが行われる。スプライシングはRNA とタンパク質の複合体である ⑨ で行われ、 ⑦ は特徴的な投げ縄構造の形で脱離する。真核生物の中には、自己スプライシングを起こす RNA も知られ、このような酵素機能を有する RNA は ⑩ と呼ばれる。

(3) 真核生物の遺伝子スプライシングにおいては、選択的スプライシングが知られる。その機構および生物学的意義をそれぞれ５０～１００字で説明せよ。

(4) 原核生物におけるオペロンによる遺伝子発現の制御に関して、トリプトファンオペロンを例に挙げて１５０～２００字で答えよ。

【解答欄は次頁】

専　門	8	（4/4）	受験番号	2022年度大学院入試
問題は４頁にわたり２問ある。全問解答せよ。				答案用紙
				名古屋大学大学院工学研究科

解答欄

(1)	①	②	③	④
	ア	イ		
(2)	⑤	⑥	⑦	⑧
	⑨	⑩		
(3)	選択的スプライシングの機構			
	生物学的意義			
(4)				