

平成29年度

首都大学東京 大学院理工学研究科 博士前期課程

分子物質化学専攻入学試験（夏季入試）

化学専門問題

（9：30～12：00）

注意事項

- ◎ 試験開始の合図があるまで、頁をめくって問題を見てはいけません。
- ◎ 問題冊子（1部）、答案用紙（5枚）および計算用紙（1枚）が配布されていることを確認して下さい。確認したら、答案用紙すべてに受験番号（学修番号欄）と氏名を記入して下さい。もし問題冊子、答案用紙および計算用紙のすべてがそろっていない場合には申し出て下さい。
- ◎ 化学専門問題は、以下の4分野より各2問、合計8問出題されています。
 - 無機・分析化学（問題 1, 2）
 - 物理化学（問題 3, 4）
 - 有機化学（問題 5, 6）
 - 生物化学（問題 7, 8）

受験生は8問中から任意に5問を選択して解答して下さい（6問以上解答してはいけません）。その際、配属を希望する研究室（第1および第2志望）の専門分野から少なくとも1問解答することが望まれます。

- ◎ 答案用紙1枚に1問ずつ解答して下さい。答案用紙の題目欄の左側に問題番号を必ず記入して下さい。表面に書ききれないときは裏面を用いても構いません。ただし、その場合には表面の下段に「裏面有」と記載して下さい。裏面に解答する時は、「裏面」と印刷されている文字が正しく読めるようにして、1行目から書いてください。

1 (その1)

問1 鉄を用いた次の実験操作を読み、以下の(1)～(6)に答えなさい。

- 操作1 鉄ミョウバン(硫酸アンモニウム鉄(III)十二水和物)を水に加え、よくかきまぜた。これを【溶液1】とする。
- 操作2 過剰量の水酸化ナトリウム水溶液を、【溶液1】に加えたところ、水酸化鉄が生じた。これを集め、少量の熱水で洗った。これを【固体1】とする。
- 操作3 シュウ酸二水和物と炭酸カリウムの水溶液を調製し、この溶液の中に【固体1】を加えたところ、【固体1】が溶解した。これを【溶液2】とする。
- 操作4 【溶液2】を加熱して濃縮して放冷させたところ、結晶が析出した。これを【固体2】とする。
- 操作5 【固体2】を水に溶かし、この水溶液を二つに分けた。一方の水溶液には、太陽光を30分間、照射した。もう一方の水溶液は、冷暗所で30分間放置した。水に溶かした過剰量のフェナントロリンを二つの溶液に加えたところ、冷暗所に放置した溶液の色は変化しなかったが、太陽光を照射させた溶液は濃赤色に変化した。

- (1) 【溶液1】は酸性を示す。その理由を答えなさい。
- (2) 【固体1】の色を、次の色の選択肢の中から選んで答えなさい。

色の選択肢：無色 淡緑色 ピンク色 淡青色 赤褐色 黒色

- (3) 【溶液2】の色を、前問(2)の色の選択肢の中から選んで答えなさい。
- (4) 【固体2】は鉄イオンを含む錯体である。この錯体の構造を描きなさい。異性体が存在する可能性がある場合には、すべての構造を示すこと。
- (5) 前問(4)で答えた錯体の点群を答えなさい。
- (6) 操作5で、太陽光を照射させた水溶液が濃赤色に変化した理由を答えなさい。

1 (その2)

問2 鉄は常温でフェライト(α -Fe)を形成する。 α -Feの格子定数は 2.87×10^{-1} nmで体心立方構造(bcc, body-centered-cubic)をもつ。以下の(1)~(4)に答えなさい。計算問題はすべて有効数字2桁で答え、必要であれば $\sqrt{2}=1.41$ 、 $\sqrt{3}=1.73$ 、 $\sqrt{5}=2.24$ を用いなさい。ただし鉄原子の半径は温度で変わらないものとする。

- (1) 鉄原子を剛体球と仮定した場合、その半径を求めなさい。
- (2) α -Feは 910°C で体心立方構造から面心立方構造(fcc, face-centered-cubic)のオーステナイト(γ -Fe)に変化する。 γ -Feの格子定数を求めなさい。
- (3) 単色X線(一定波長のX線)を結晶に照射したとき、回折現象が生じる。この現象は①式に示すブラッグの法則で説明される。

$$2d_{hkl} \sin\theta = n\lambda \quad \dots\text{①}$$

ここで d_{hkl} は、ミラー指数 h, k, l で示される面で回折が起こる原子面の間隔、 θ は回折角、 λ はX線の波長、 n は正の整数1, 2, 3...である。立方晶の場合、 d_{hkl} と単位格子 a の関係は

$$d_{hkl} = \frac{a}{\sqrt{h^2 + k^2 + l^2}} \quad \dots\text{②}$$

であらわされる。次の(a)、(b)に答えなさい。

- (a) 面指数($h k l$)の結晶構造因子 $F(h k l)$ は次式で与えられる。

$$F(h k l) = \sum_{j=1}^N f_j \exp\{2\pi i (hx_j + ky_j + lz_j)\} \quad \dots\text{③}$$

ここで、 N は単位格子中の原子数、 f_j はその位置の原子の原子散乱因子、 (x_j, y_j, z_j) は原子の位置を示す。また i は虚数である。 γ -Feの回折は h, k, l が全て奇数か偶数のときに生じることを示しなさい。

- (b) γ -Feに波長 1.54×10^{-1} nmの単色X線を照射したとき、回折パターンが得られる正弦($\sin\theta$)の最小値を求めなさい。

- (4) α -Feと γ -Feの隙間に炭素(原子半径 7.00×10^{-2} nm)が固溶した固体をそれぞれフェライト鋼、オーステナイト鋼と呼ぶ。炭素原子が固溶する量は、オーステナイト鋼の方がフェライト鋼よりも多い。この理由を以下のア)~ウ)より選び、その根拠を説明しなさい。

<理由>

- ア) γ -Feの方が α -Feよりも高い空間充填率を持つため
- イ) γ -Feの方が α -Feよりも大きな空隙をもつため
- ウ) γ -Feの方が α -Feよりも空孔の種類が少ないため

2 (その1)

問1 Fe^{3+} 、 Mg^{2+} 、 Cs^{+} が $1 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$ から $1 \times 10^{-1} \text{ mol L}^{-1}$ のあいだの濃度で含まれていると予測される酸性溶液(試料溶液 A とする)が 100 mL ある。これらのイオン濃度を定量したい。以下の(1)~(3)に答えなさい。ただし、実験は 25 °C で行うとする。また、Fe と O の原子量は、それぞれ 56 と 16 とし、 $\sqrt{2} = 1.4$ 、 $\sqrt{3} = 1.7$ 、 $\sqrt{5} = 2.2$ とする。

(1) Fe^{3+} を重量分析法で定量するために、KOH 水溶液を加え、 Fe^{3+} を水酸化鉄として沈殿させ、ろ過により分離する。次の(a)~(c)に答えなさい。

(a) Mg^{2+} を沈殿させずに Fe^{3+} のみを 99.9 % 以上沈殿させることができる水素イオン濃度の範囲を答えなさい。なお、 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ と $\text{Mg}(\text{OH})_2$ の溶解度積は、それぞれ $8.0 \times 10^{-38} \text{ mol}^4 \text{L}^{-4}$ と $1.2 \times 10^{-11} \text{ mol}^3 \text{L}^{-3}$ とする。また、 Cs^{+} は KOH 水溶液の添加により沈殿しないものとする。

(b) 分離した $\text{Fe}(\text{OH})_3$ をろつぼの中で焼いて秤量形に変換後、秤量したところ、150.0 mg であった。試料溶液 A の Fe^{3+} 濃度 (mol L^{-1}) を答えなさい。

(c) $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沈殿には溶液中の他の微量成分が含まれることがある。この現象の名前を答えなさい。また、この現象を防ぐ方法を答えなさい。

(2) Mg^{2+} 濃度と Cs^{+} 濃度を機器分析法で定量したい。これらの濃度を同時に定量することができる機器分析法を一つ答えなさい。また、その方法の定量原理を説明しなさい。

(3) Mg^{2+} はキレート滴定法によって定量することができる代表的な元素の一つである。滴定における終点と当量点の違いを説明しなさい。

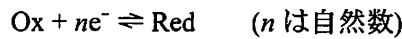
2 (その2)

問2 電気化学に関する以下の(1)~(5)に答えなさい。ただし、ファラデー定数を $F(\text{C mol}^{-1})$ 、気体定数を $R(\text{J mol}^{-1} \text{K}^{-1})$ 、絶対温度を $T(\text{K})$ とする。

(1) 電気化学セルのアノードとカソードの接続には塩橋 (高濃度 KCl 溶液など) が用いられる。塩橋の役割について、液間電位という術語を用いて説明しなさい。

(2) 酸化還元電位の基準 (0 V) には水素電極が用いられる。水素電極で起こる半反応を書きなさい。

(3) 酸化体 Ox と還元体 Red の酸化還元反応

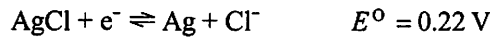


について、標準酸化還元電位を E° とする。Ox の活量 a_1 、Red の活量 a_2 に対して、酸化還元電位 $E(\text{V})$ を求める式 (ネルンストの式) は以下ようになる。

$$E = E^\circ - [\text{①}] \times \frac{RT}{F} \ln[\text{②}]$$

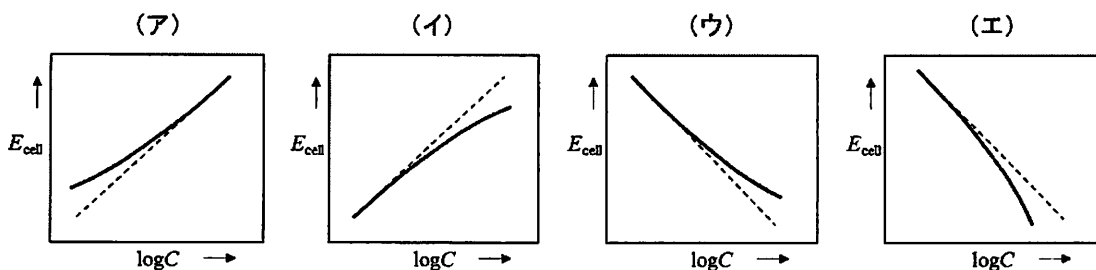
上式の括弧①と②に入る文字式をそれぞれ答えなさい。ただし、 \ln は自然対数を表す。

(4) 銀-塩化銀電極に関して、各半反応の標準酸化還元電位が以下で与えられるものとする。



$T = 298 \text{ K}$ のとき、 AgCl の溶解度積の常用対数 $\log K_{\text{sp}}$ を有効数字 2 桁で求めなさい。ただし、固体の活量は 1 とし、 $T = 298 \text{ K}$ において $(RT/F) \times \ln x = 0.059 \log x$ (単位は V) となることを用いてよい。

(5) Cu を CuSO_4 溶液に浸して指示電極を作成し、標準水素電極と組み合わせて電気化学セルを構築した。この指示電極の酸化還元電位を E_{cell} とする。温度一定の条件で、 CuSO_4 のモル濃度 C を $10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$ から増加させて E_{cell} を測定した。縦軸を E_{cell} 、横軸をモル濃度の値の対数 ($\log C$) としたグラフの概形として適切なものを次の(ア)~(エ)から一つ選ぶとともに、その根拠を示しなさい。ただし、図の破線は補助直線を表す。



3 (その1)

以下の問いに答えなさい。導出の過程も示しなさい。なお、 \hbar は換算プランク定数 ($\hbar \equiv \frac{h}{2\pi}$) とする。

問1 2原子分子の振動に対するシュレディンガー方程式が次のように与えられている。

$$\left(-\frac{\hbar^2}{2\mu} \frac{d^2}{dx^2} + \frac{1}{2} kx^2\right) \psi_n(x) = E_n \psi_n(x) \quad (n=0,1,2,\dots)$$

ここで、 μ は換算質量、 x は平衡核間距離からの変位、 k は力の定数、 E_n は波動関数 $\psi_n(x)$ であらわされる振動状態のエネルギーである。シュレディンガー方程式を解くと、基底状態の波動関数 $\psi_0(x)$ は Ce^{ax^2} となる。ただし C は規格化定数、 a は定数である。次の(1)、(2)について \hbar 、 μ 、 k のうち必要な記号を用いて答えなさい。

- (1) $x \rightarrow \infty$ で波動関数 $\psi_0(x)$ が発散しないことに留意して a を求めなさい。
- (2) 振動基底状態のエネルギー E_0 を求めなさい。

問2 ある分子Aと分子Bの間の異性化反応を考える。AからBへの反応(正反応)、BからAへの反応(逆反応)は、それぞれA、Bの濃度 C_A 、 C_B に対して一次反応であるとして、正反応と逆反応の速度定数をそれぞれ k_A と k_B とする。反応時間を t 、反応開始時の C_A 、 C_B ($t=0$ における濃度、初濃度)をそれぞれ C_{A0} と C_{B0} 、 $t=\infty$ における C_A 、 C_B をそれぞれ $C_{A\infty}$ 、 $C_{B\infty}$ と表記する。また、 k_A は0ではないが、 k_B は0と近似できる場合もあるとする。次の(1)~(3)について k_A 、 k_B 、 C_{A0} 、 C_{B0} 、 t のうち必要な記号を用いて答えなさい。

- (1) $k_B=0$ と近似できる場合について $C_{A\infty}$ 、 $C_{B\infty}$ をそれぞれ求めなさい。
- (2) $k_B=0$ と近似できる場合について C_A 、 C_B を t の関数としてそれぞれ表しなさい。
- (3) $k_B=0$ と近似できない場合について $C_{A\infty}$ 、 $C_{B\infty}$ をそれぞれ求めなさい。

問3 球面調和関数 Y_{lm} は、角運動量の z 成分に対応する演算子 \hat{L}_z と角運動量の2乗に対応する演算子 \hat{L}^2 の固有関数であり、次の固有値方程式を満たす。

$$\hat{L}_z Y_{lm} = m\hbar Y_{lm}, \quad \hat{L}^2 Y_{lm} = l(l+1)\hbar^2 Y_{lm}$$

ここで l は0以上の整数、 m は $-l \leq m \leq l$ を満たす整数である。

次の(1)、(2)に答えなさい。

- (1) $m_1 \neq m_2$ のとき Y_{lm_1} と Y_{lm_2} は直交している。このことを、 $\int Y_{lm_2}^* \hat{L}_z Y_{lm_1} d\tau = \int Y_{lm_1} \hat{L}_z Y_{lm_2}^* d\tau$ から出発して示しなさい。ただし $d\tau$ は面積素片であり、 $Y_{lm_2}^*$ 、 \hat{L}_z はそれぞれ Y_{lm_2} 、 \hat{L}_z の複素共役を示す。
- (2) 角運動量の x 、 y 成分に対応する演算子をそれぞれ \hat{L}_x 、 \hat{L}_y とすると $\hat{L}^2 = \hat{L}_x^2 + \hat{L}_y^2 + \hat{L}_z^2$ である。 Y_{lm} が演算子 $(\hat{L}_x^2 + \hat{L}_y^2)$ の固有関数であることを示しなさい。また、与えられた l に対し、固有値の最小値を答えなさい。

4 (その1)

以下の問いに答えなさい。ただし、絶対温度を T 、圧力を p 、体積を V 、内部エネルギーを U 、エンタルピーを H 、エントロピーを S 、ヘルムホルツエネルギーを A 、ギブズエネルギーを G とする。

問1 次の(1)～(3)に答えなさい。

(1) 次の熱力学量の定義を、それぞれのカッコ内の変数のうち必要な記号を用いて書きなさい。

(a) $H(T, p, V, U, S)$ (b) $A(T, p, V, U, S)$ (c) $G(T, p, V, H, S)$

(2) 熱力学関係式

$$dU = TdS - pdV \quad \text{①}$$

と(1)の答を用いると、次の関係式②、③が導かれる。

$$dH = \boxed{\text{ア}} dS + \boxed{\text{イ}} dp \quad \text{②}$$

$$dG = \boxed{\text{ウ}} dT + \boxed{\text{エ}} dp \quad \text{③}$$

空欄ア～エに当てはまる変数を T, p, V, U, H, S, A, G から選び、+-の符号と共に書きなさい。導出過程も示しなさい。

(3) 一定温度 T の下で、物質量 n の理想気体の圧力が p_1 から p_2 まで変化したときのギブズエネルギー変化 ΔG を、 p_1, p_2, n, T 、および気体定数 R を用いて表しなさい。(2)の③式から出発して、導出過程も示しなさい。

問2 次の(a)～(d)に示す系の自由度(任意に選ぶことができる示強変数の数)を答えなさい。

- (a) 液体の水 (b) 水蒸気 (c) 水蒸気と液体の水が共存している系
(d) 氷と水蒸気と液体の水が共存している系

問3 ある純物質Aの三重点の温度と圧力はそれぞれ 5°C 、 5 kPa で、臨界点の温度と圧力はそれぞれ 290°C 、 5 MPa である。以下の(1)、(2)に答えなさい。ただし、Aの固相、液相、気相はそれぞれ1種類しか存在しない。また、液相と固相が平衡にあるとき、液相の密度は固相の密度よりも常に小さい。

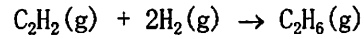
(1) 横軸を温度、縦軸を圧力にとり、Aの相図を簡単に書きなさい。三重点の温度・圧力と、臨界点の温度・圧力を記入し、固相、液相、気相を明記すること。温度・圧力の大小関係と、相の境界線の傾きの正負がわかれば良いので、縦軸、横軸に目盛を入れる必要はない。

(2) 次の(a)～(d)の状態が、固相、液相、気相のどれに相当するか答えなさい。

- (a) 0°C 、 10 kPa (b) 5°C 、 2 MPa (c) 10°C 、 2 kPa (d) 200°C 、 5 kPa

4 (その2)

問4 アセチレンの水素付加によりエタンが生成する気相化学反応



について、以下の(1)～(3)に答えなさい。ただし、気体に対して理想気体の状態方程式が成り立ち、反応前後の温度と圧力は等しいとする。また反応は過不足なく進行するものとする。

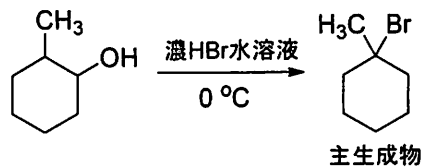
- (1) この反応に伴う内部エネルギー変化 ΔU を、エンタルピー変化 ΔH 、気体定数 R 、絶対温度 T 、反応前後の全物質量の差 Δn を用いて表しなさい。導出過程も示しなさい。
- (2) 生成したエタンの物質量 n を用いて Δn を表しなさい。
- (3) この反応に伴う生成物 1 mol 当たりのエンタルピー変化は、300 K において -242 kJ mol^{-1} である。300 K における生成物 1 mol 当たりの内部エネルギー変化を、有効数字 3 桁で求めなさい。導出過程も示しなさい。ただし気体定数は $R = 8.31 \text{ JK}^{-1}\text{mol}^{-1}$ とする。

5

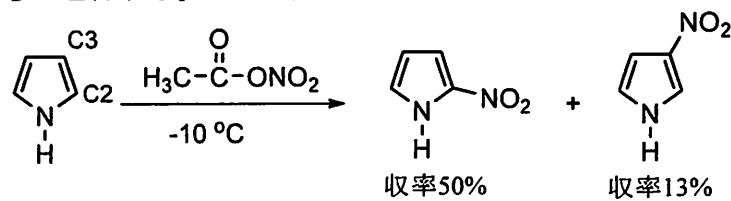
(その1)

問1 次の(1)~(3)に答えなさい。

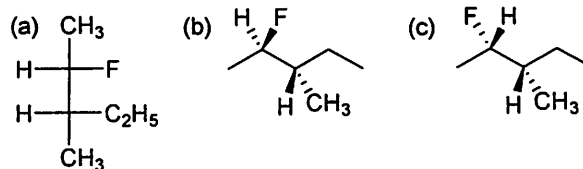
(1) 2-メチルシクロヘキサノールと濃 HBr 水溶液の反応における主生成物は、1-ブロモ-2-メチルシクロヘキサンではなく 1-ブロモ-1-メチルシクロヘキサンとなる。この理由を説明しなさい。



(2) ピロールは、3位の炭素上よりも2位の炭素上で優先的にニトロニウムイオン (NO_2^+) による求電子置換反応が進行する。この理由を説明しなさい。



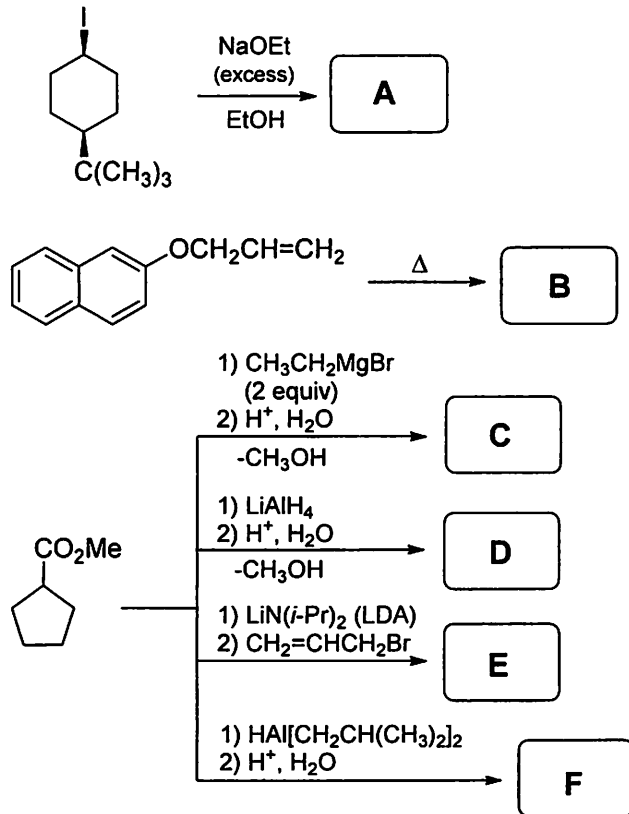
(3) 以下の(a)~(c)で表される分子は、(a)と(b)、(b)と(c)、(a)と(c)はそれぞれ同一、エナンチオマー、またはジアステレオマーか答えなさい。不斉炭素についてはそれぞれの立体中心の絶対配置 (R,S) を帰属しなさい。



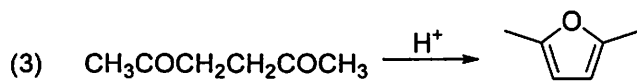
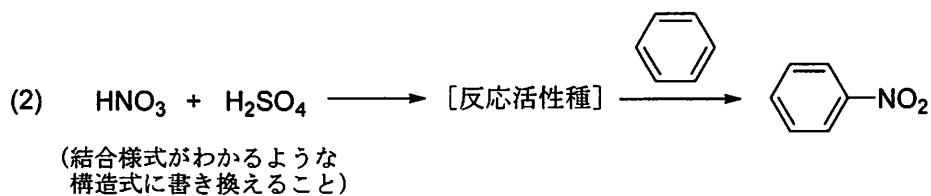
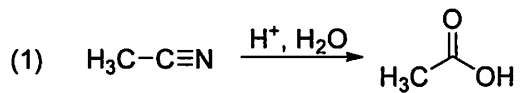
5

(その2)

問2 次の反応の主生成物の構造式を書きなさい。

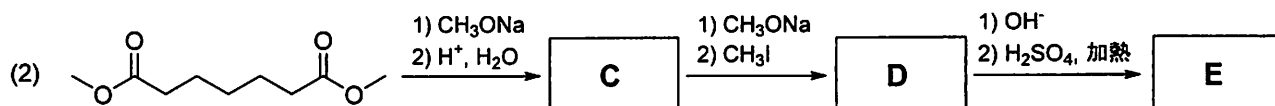
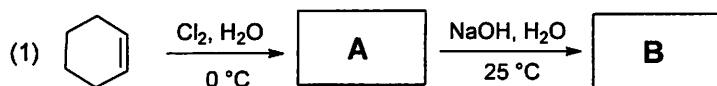


問3 次の反応の機構を曲がった矢印を用いて書きなさい。

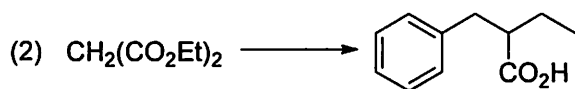
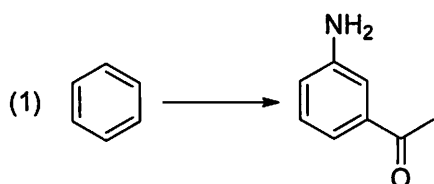


6 (その1)

問1 次の反応のA~Eに当てはまる化合物の構造式を書きなさい。

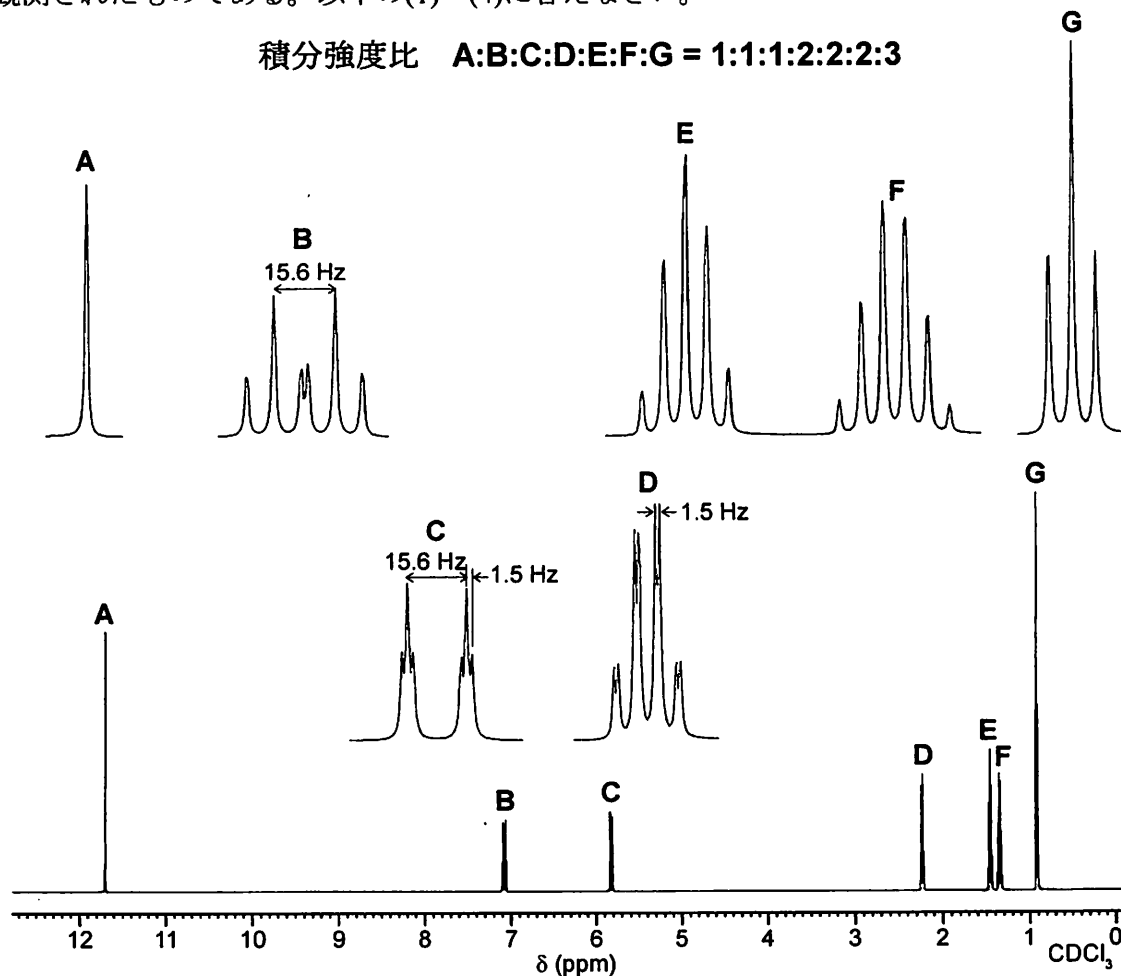


問2 以下に示す出発物質から目的物を合成する反応式を書きなさい。ただし、一段階で合成できるとは限らない。



6 (その2)

問3 分子式が $C_7H_{12}O_2$ である不飽和カルボン酸 **X** の 1H -NMR を下に示した。**A**~**G** のシグナルの積分強度比、および拡大図も示してある。下図で明示されていないスピン結合定数は全て約 7 Hz であった。また下図における 1.5 Hz のスピン結合は、結合 4 つを隔てた 1H 核間で観測されたものである。以下の(1)~(4)に答えなさい。



- (1) 化合物 **X** の不足水素指標(不飽和度)を求めなさい。
 (2) 結合 3 つを隔てた 1H 核間に観測されるスピン結合について書かれた次の文章の空欄に最も適する結合定数の範囲を語群から選んで書きなさい。

「 $H_1-C_1-C_2-H_2$ 結合で観測されるスピン結合定数の大きさは、 H_1-C_1 結合と H_2-C_2 結合のつくる二面角 ϕ で変化する。 C_1-C_2 が 2 重結合の場合、*cis* の位置では 8~12 Hz 程度であるが、*trans* の位置では **ア** のスピン結合定数が観測される。 C_1-C_2 が単結合の場合、 $\phi = \pm 60^\circ$ では **イ**、 $\phi = 180^\circ$ では **ウ** のスピン結合定数が観測される。速い回転が C_1-C_2 に存在する場合、スピン結合の実測値は平均化される。」

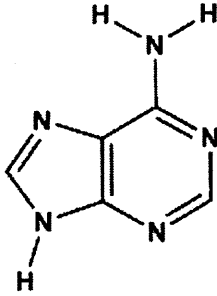
語群: 0~2 Hz, 7~12 Hz, 14~17 Hz

- (3) シグナル **D** とスピン結合で結ばれているシグナルはどれか。**A**~**C** および **E**~**G** の記号で答えなさい。ただし、答えが一つとは限らない。
 (4) 化合物 **X** の構造式を書きなさい。立体異性体がある場合は、構造がわかるように書きなさい。

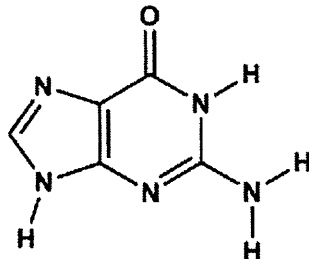
7

(その1)

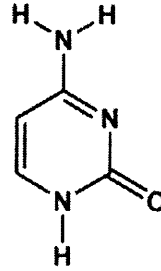
問1 次のアデニン、グアニン、シトシン、チミンの構造式を参考にして、以下の(1)～(3)に答えなさい。



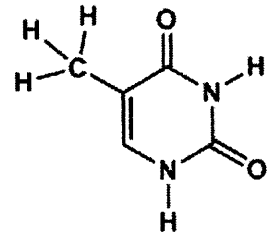
アデニン



グアニン



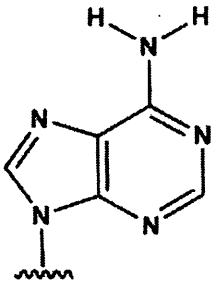
シトシン



チミン

(1) デオキシアデノシン 3リン酸の構造式を書きなさい。

(2) 上の図に示した4種の塩基がB型DNAにおいて形成する塩基対の組み合わせを、塩基の名称で書きなさい。次に、塩基間に形成される水素結合を点線で示して、塩基対の構造を示しなさい。ヌクレオチド中の糖およびリン酸基は下の図を参考にして省略して書くこと。



(3) RNAではDNAと比べどのように塩基組成が異なるか答えなさい。さらに、RNAとDNAがもつ糖の構造の違いについて説明しなさい。

問2 次の(1)～(3)に答えなさい。

(1) 次のDNA鎖上の塩基配列(a)～(d)は遺伝子の発現においてどのような役割をもつか、以下の選択肢ア～オから最も適切なものを1つ選びなさい。(複数回選択しても良い)

(a) ATG (b) TAA (c) TATAAAA (d) TGA

選択肢

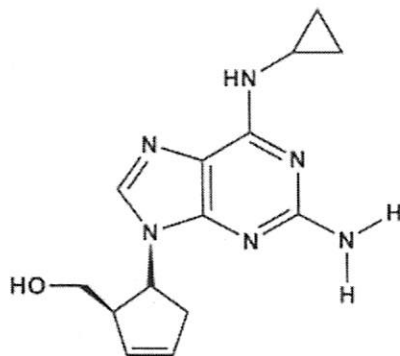
- ア mRNA へのポリ A 付加のシグナル
- イ 転写開始の制御配列
- ウ 開始コドン
- エ 停止コドン
- オ イントロンの両末端にある配列でスプライシングの目印となる

- (2) 以下に DNA 2 重鎖の一方の配列を 5' から 3' に示した。網掛け部分のみを PCR で増幅するために必要なプライマー配列を書きなさい。ただし、プライマーは 15 ヌクレオチドとする。配列の 5' と 3' がわかるように記載すること。

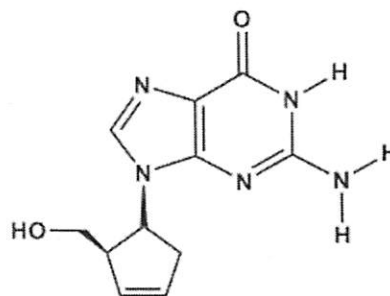
ATGTCTTAATACAGCTTCGGAAGTGTGTCGCCACCCATACCTTTTCAATGGTGTGAGCC
 GGAGCCCTTTGAGATTGGAGATCATATTGTTGAAGCCAGTGGCAAGCTATGTTTGTGGAT
 AAACCTCCTTTCATTCCTTGTATGATGGTGGCCATCGTGTCTTGCTCTTTTCTCAGATGACTA
 AACTGCTTGACATTCCTGCAAGACTACATGGACTATAGAGGCTATAGCTATGAGCGGCTGGA
 CGGTTCTGTAAGAGGTGAAGAGAGACACCTTGCCATTAAGAAGCTTTGGTCAACAGCCCATC
 TTTGTCTTCCTGCTGAGCACCAGAGCAGGAGGTGTTGGCATGAACCTGACGGCAGCAGATA

- (3) タンパク質の 1 次構造、2 次構造、3 次構造、4 次構造について説明しなさい。

問3 Abacavir は、抗ウイルス薬として HIV 感染に対する治療に用いられている。Abacavir は細胞内に取り込まれると Carbovir へと代謝され、さらに 3 リン酸化され、複製中に新生鎖に取り込まれる。以下に示すこれらの薬品の化学構造を参考に、Abacavir の投与がウイルスの増殖を制限する分子機構を考察し、答えなさい。



Abacavir

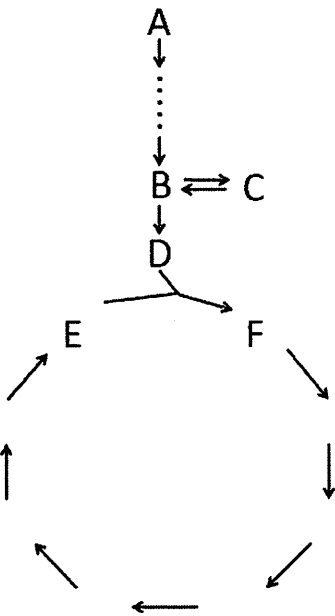


Carbovir

8 (その1)

問1 次の文章を読んで、以下の(1)～(2)に答えなさい。

以下の図はエネルギー生産において重要な生化学反応の経路を表す。矢印は生化学反応を表すものとする。図中の単糖 A から B に至る経路は **a** と呼ばれ、細胞が **b** な状態の時に特に活性が高い。この時 C が合成される。C は肝臓で代謝され、A に再合成される。細胞が **c** な状態の時、D が合成され、D と E が反応して環状の代謝経路に入る。この環状経路は **d** と呼ばれる。D 以降の代謝反応は細胞内の **e** で行われる。



(1) 上の文章の **a** ～ **e** に当てはまる最も適切な用語を答えなさい。

(2) 図中の A ～ F に当てはまる化合物名を答えなさい。

問2 次の文章を読んで、以下の(1)～(5)に答えなさい。

酵素Eにより基質Sから産物Pが生成される反応は、基質Sの濃度が十分に高い場合には、次のように記述できる。



このとき、 k_1 と k_{-1} はそれぞれ酵素-基質複合体(ES)の会合、解離の速度定数を、 k_2 は産物Pの生成の速度定数を表す。この酵素反応はミカエリスメンテンの式に従う。 K_m をミカエリスメンテン定数、Pの生成速度を v 、Pの生成速度の最大値を V_{max} とする。物質Xの濃度は[X]と表すものとする。

- (1) ESの生成速度と分解速度を k_1 、 k_{-1} 、 k_2 、[ES]、[S]、 E_0 を用いて示しなさい。ただし E_0 は、酵素の初期濃度であり反応に加えた酵素全ての濃度である。
- (2) 酵素反応の定常状態では、ESの生成速度と分解速度がつり合い、[ES]が一定となる。この時の[ES]を、 k_1 、 k_{-1} 、 k_2 、[S]、 E_0 を用いて示しなさい。
- (3) 定常状態での産物Pの生成速度 v を k_1 、 k_{-1} 、 k_2 、[S]、 E_0 を用いて示しなさい。
- (4) K_m と V_{max} を用いミカエリスメンテンの式を書きなさい。また、(3)で解答した産物Pの生成速度 v を表す式と比較して、 K_m と V_{max} を k_1 、 k_{-1} 、 k_2 、[S]、 E_0 の中から必要なものを用いて示しなさい。
- (5) 酵素の可逆的阻害について、どのような阻害様式が存在するか説明しなさい。酵素の阻害による、ミカエリスメンテン定数 K_m と最大速度 V_{max} への影響についても記述すること。