

平成 29 年 4 月入学及び平成 28 年 9 月入学
大学院修士課程・専門職学位課程入学試験

生命理工学院 生命理工学系

筆答専門試験科目

想 定 問 題

平成 28 年 1 月

東京工業大学

- ※ 出題される分野、問題数等本想定問題の内容は、実際の試験問題とは異なる場合があります。
- ※ 各系の試験概要については、2月上旬に公表予定です。
- ※ 本入学試験にかかる募集要項は、4月上旬に本学ホームページで公表し、志願票等を含む冊子を5月上旬より配布する予定です。

専門科目

模擬問題 大修

生命理工学系

時間 13:30 ~ 16:00

注意事項

1. 次の8題から4題を選んで解答せよ。解答する問題は4題を超えてはならない。
2. 解答は1題ごとに別々の答案用紙に記入せよ。
3. 各答案用紙には、1枚ごとに必ず問題番号および受験番号を記入せよ。
4. 通信機能や計算機能を持つ機器を使用してはならない。

① メッセンジャーRNA (mRNA) に写しとられた遺伝情報は、リボソーム等の翻訳装置の働きでアミノ酸配列へと変換される。アミノ酸がつなぎ合わされたポリペプチド鎖、すなわちタンパク質は、それぞれに固有の立体構造をとり、特異的な機能を発揮して、様々な生命現象を支えている。これらの過程に関する以下の間に答えよ。

I. mRNA 上では、塩基 3 文字を 1 組（コドン）として 1 つのアミノ酸が指定されている。リボソームは翻訳反応の場を提供するが、特定のコドンに特定のアミノ酸を対応させる“翻訳”そのものを担うのはトランスファーRNA (tRNA あるいは運搬 RNA) である。このとき、tRNA のどのような特徴により翻訳が達成されるのか、100 字程度で説明せよ。

II. 遺伝暗号の編成にはいくつかの特徴が見られる。たとえば、GUU、GUC、GUA、GUG、これらのコドンは互いに三文字目が異なるが、全てアミノ酸のバリンをコードしている。また、UUU、CUU、AUU、GUU は互いに一文字目が異なるが、それぞれ、フェニルアラニン、ロイシン、イソロイシン、バリンをコードしている。このような編成は生物にとってどのようなメリットがあると考えられるか、150 字程度で説明せよ。

III. タンパク質の構造に関する次の 1) 、 2) に答えよ。

1) タンパク質の構造について、一次構造、二次構造、三次構造、四次構造とは具体的に何を表すか、それぞれ 50 字程度で説明せよ。

2) タンパク質の二次構造の形成に特に重要な化学結合は何であるか、答えよ。

② 細胞の代謝に関する以下の間に答えよ。

I. 細胞が取り込んだグルコースは解糖系で酸化的に分解され、最終的にピルビン酸へと変換されるとともに、エネルギー物質である ATP が生成される。次の 1) 、 2) に答えよ。

- 1) 解糖系において、ATP 生成反応を触媒する酵素の名称をすべて記せ。
- 2) 解糖系に関連して、酵母においてはパストール効果と呼ばれる現象が知られている。パストール効果とはどのような現象か、100 字程度で説明せよ。

II. 解糖系に入った糖質の一部はペントースリン酸経路においても分解される。次の 1) 、 2) に答えよ。

- 1) ペントースリン酸経路では、ヌクレオチド生合成反応の出発物質である炭素数 5 の糖リン酸化合物が生成される。その化合物は何か、名称および構造を示せ。
- 2) グルコースがペントースリン酸経路を経由して代謝されたとき、最初のサイクルで放出される二酸化炭素の炭素原子は、グルコースの何位の炭素原子に由来するか答えよ。また、二酸化炭素放出にかかる反応を触媒する酵素の名称を記せ。

III. クエン酸サイクルの中間物質であるオキサロ酢酸はアミノ酸の生合成に利用される。次の 1) 、 2) に答えよ。

- 1) アミノ基転移反応によりオキサロ酢酸から直接生合成されるアミノ酸は何か、その名称および構造を示せ。
- 2) オキサロ酢酸はアミノ酸の生合成に利用されるため、クエン酸サイクルの反応を進行させるには、オキサロ酢酸をクエン酸サイクル以外の代謝反応で供給する必要がある。その代謝反応の名称をあげ、概略を 150 字程度で説明せよ。

③ 細胞分裂に関連した次の文を読み、以下の間に答えよ。

細胞分裂は、1つの細胞（母細胞）が2つの細胞（娘細胞）に分かれることである。通常、細胞分裂はDNA複製の後に起こり、複製して倍加した染色体を、2つの娘細胞に均等に分配する。この染色体分配（核分裂）に続いておこる細胞質分裂により細胞をくびり切ることで細胞分裂は完了する。細胞分裂は_(a)真核生物の細胞に共通の因子により制御されている。この因子の活性化が分裂期開始の際の核膜崩壊や染色体凝縮などの事象を引き起こし、また_(b)この因子の不活性化は_(c)分裂中期から後期への移行をもたらす。1980年代後半にこの因子の分子的実体が解明されたことにより、細胞分裂のみでなく、細胞周期の制御機構の研究が急速に進んだ。

I. 下線部(a)の因子は何か。その名称を答えよ。また、この因子は2つの主要なタンパク質から構成される。この2つのタンパク質の名称を答えよ。

II. 下線部(b)で機能するタンパク質分解のシステムを100字程度で答えよ。

III. 下線部(c)の際に染色体を2つの娘細胞に正確に均等に分配するためには、どのようなしくみがあるか。紡錘体、微小管、動原体、という語句を含めて100字程度で答えよ。

IV. 動物細胞の紡錘体は、通常は2つの中心体を極として形成される。しかし、高等植物細胞には中心体は存在しない。動物でも、中心体をもたない細胞が存在することが明らかになっている。これらの中心体をもたない細胞も紡錘体を形成し、染色体を2つの細胞に均等に分配することができる。この中心体なしでの紡錘体形成の分子機構を200字程度で説明せよ。

④ 以下の間に答えよ。

I. 植物の光合成に関して、次の 1) ~ 3) に答えよ。

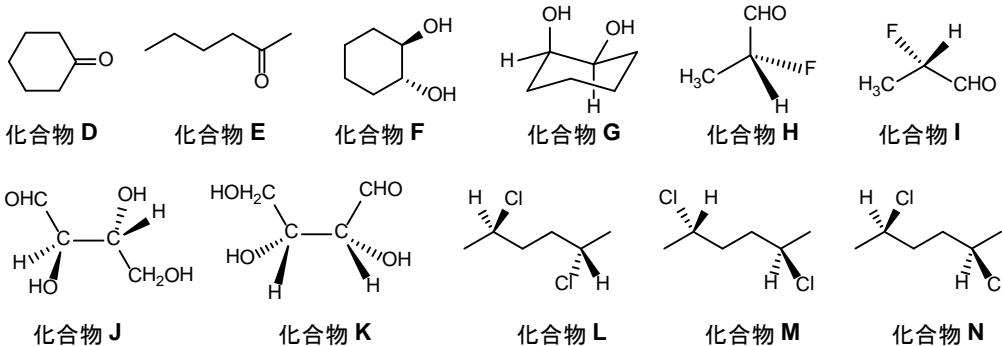
- 1) 植物の葉緑体では、二酸化炭素 (CO_2) が固定され、有機物 ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) が作られる。この反応を化学反応式で表しなさい。
- 2) 以下に記す a~g の電子伝達に関わる因子の中から、葉緑体の光合成電子伝達鎖を構成するものを全て選び、酸化還元中点電位が低い順にアルファベットで記せ。
(a)シトクロム $b_6\text{-}f$ 複合体、(b)シトクロム酸化酵素複合体、(c)フェレドキシン、
(d)シトクロム $b\text{-}c_1$ 複合体、(e)プラストキノン、(f)プラストシアニン、
(g)シトクロム c
3) 葉緑体で機能する 2 つの光化学反応中心タンパク質の相違点を 2 つ挙げよ。

II. 葉緑体は、シアノバクテリアと呼ばれる細菌が真核細胞に共生してできたオルガネラと考えられている。このことに関して、次の 1) ~ 3) に答えよ。

- 1) 共生の根拠となる葉緑体の膜構造の特徴を 2 つ挙げよ。
- 2) 共生後、シアノバクテリアの遺伝子の多くは、核内染色体に移動もしくは失われ、葉緑体には 100 個程度の遺伝子が残っているのみである。葉緑体に残っている遺伝子の特徴を挙げよ。また、核内染色体に移動した遺伝子にコードされるタンパク質の多くは葉緑体で機能している。そのようなタンパク質が葉緑体へ輸送される仕組みを 100 字程度で説明せよ。
- 3) 葉緑体ゲノムにコードされている遺伝子の転写機構を 100 字程度で説明せよ。

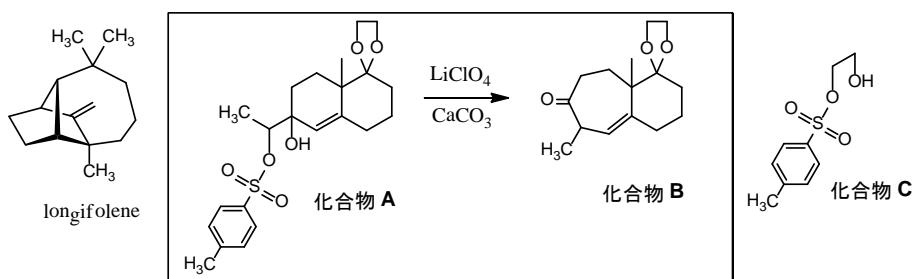
(5) 以下の間に答えよ。

I. 次の化合物 **D**～**N**について、次の1)～3)に答えよ。



- 1) 化合物のペア、**DE**、**FG**、**HI**、**JK**、**LM**について、それぞれ「互いに構造異性体」か「互いに立体異性体」か「互いに異性体ではない」かについて答えよ。
- 2) 化合物 **F**、**H**、**J**、**L**についてそれぞれ立体中心を示すとともに、R立体配置かS立体配置かを示せ。
- 3) 化合物 **L**、**M**、**N**の中でメソ体のものはどれか。またジアステレオマーの関係にあるのはどれとどれか。また、キラルなものはどれか。

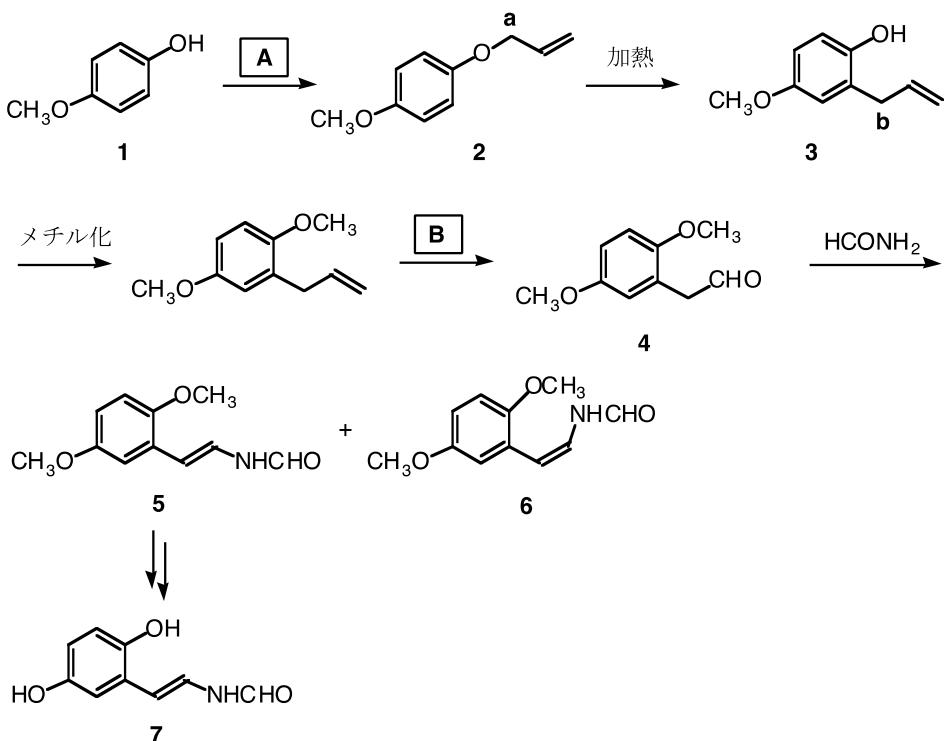
II. ロンギホレン longifolene はヒマラヤ松の精油中に含まれるセスキテルペンの一種であり香料の原料などとして用いられている。その全合成は、ノーベル化学賞受賞者である E. J. Corey によって 1961 年に報告された。その全合成の中間段階において下図の化合物 **A** から化合物 **B**への変換が含まれている。次の1)～3)に答えよ。



- 1) この反応の機構を、電子の流れがわかる矢印を使用して描け。
- 2) この反応に伴い化合物 **B**と共に生成する化合物の構造を描け。
- 3) 化合物 **A**の部分構造を持つ化合物 **C**に対して強塩基を作用させたところ、化合物 **B**の生成機構とは異なる生成物が得られた。どのような化合物が生成すると予想されるか。また、生成物が異なる理由を 150 字程度の文章で説明せよ。

⑥ 有機化合物の合成に関する以下の間に答えよ。

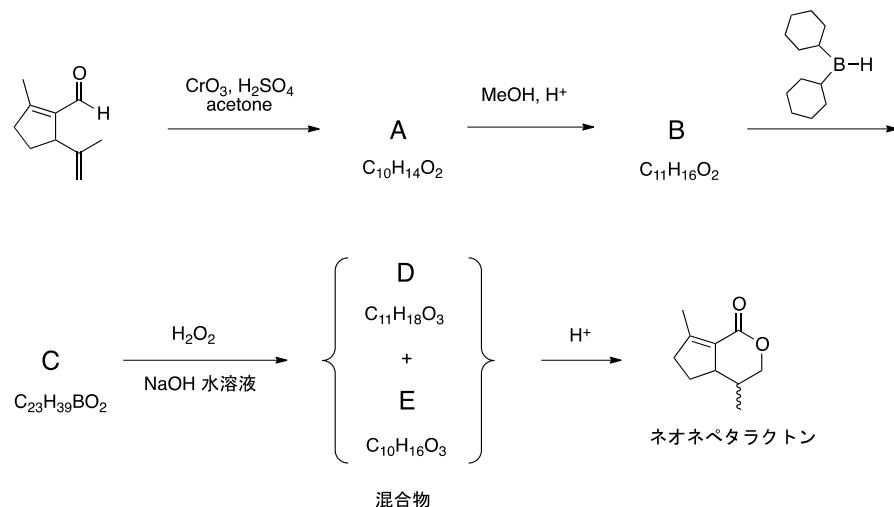
I. 酵素阻害剤であるエルプスタチン **7** の合成を下式にしたがい行った。



- A** および **B** に適する試薬を、必要な助剤があればそれとともに示せ。ただし、溶媒や後処理についての記載は不要である。
 - 2** から **3** はいわゆる人名反応である。この反応名を記せ。さらに、その反応機構を式で示せ。
 - 2** から **3** の反応の進行状況を、**a**、**b** 位のプロトンの NMR 分光法によりモニターしたい。これらプロトンの化学シフト (δ ppm) の値の大小を不等号により示せ。またそうなる理由を 2 行程度で説明せよ。
 - 4** から **5** を与える反応経路を式で説明せよ。
 - 4** の IR スペクトルにおいて、アルデヒドの C=O 伸縮振動の吸収波数 (cm^{-1}) は次のどの範囲で観測されるか答えよ。
- 800~1200 ; 1200~1600 ; 1600~2000 ; 2000~2400 ; 2400~2800 ;
2800~3200 ; 3200~3600
- 3** の IUPAC 命名法による名称を示せ。日本語でも英語でもよい。

(問題は次のページに続く)

II. イヌハッカから単離されたテルペノイドの一種であるネオネペタラクトンの合成を下式にしたがい行った。



- 1) 化合物 **A** と化合物 **B** の分子式に相当する構造式を記せ。
- 2) 最初のステップでは過剰の CrO_3 を用いたため、目的の反応終了後、イソプロパノールを加えた。この操作の目的としてふさわしいと思われる内容を、次の (a) ~ (d) の中から 1 つ選べ。
 - 余分の CrO_3 を不活性化するため。
 - 抽出を容易にするため。
 - H_2SO_4 を中和するため。
 - NMR 分析に必要な溶液を調製するため。
- 3) 化合物 **A** から化合物 **B** への変換は MeOH とジシクロヘキシリカルボジイミド (DCC) を使っても行なうことが出来る。この DCC を使った変換の反応機構を記せ。
- 4) 化合物 **C** と化合物 **D** の分子式に相当する構造式を示し、化合物 **C** から化合物 **D** に至る反応機構を記せ。
- 5) 化合物 **E** の分子式に相当する構造式を示し、化合物 **E** からネオネペタラクトンに至る反応機構を記せ。

⑦ 完全気体に関する以下の間に答えよ。ただし、気体の物質量を n モルとする。必要に応じ、圧力を p 、体積を V 、温度を T 、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 、気体定数を R として表すものとし、 $R = 8.3 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ の数値を使ってよい。

I. 定圧熱容量 C_p 、および定容熱容量 C_V を、それぞれ偏微分の式で表せ。

II. $C_p - C_V = nR$ であることを示せ。

III. 圧力 p_1 から p_2 まで温度 T_1 で等温可逆的に膨張するときにする仕事、および系のエントロピー変化を計算せよ。

IV. III.の状態から、圧力一定のまま温度を T_1 から T_2 に変化させたときの系のエントロピー変化を、 C_p を用いて表せ。ただし、この温度範囲では C_p は温度に依存しないものとする。

V. 単原子気体 2.0 モルを $1/2$ の体積まで圧縮し、同時に最初の温度の 2 倍まで加熱した。このときのエントロピー変化を計算せよ。

この気体のモル定容熱容量を $C_{v,m} = 12.3 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ とする。

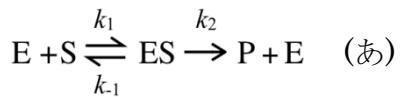
(8) 酵素の反応速度論に関する以下の間に答えよ。

I. 以下の文章中の空欄 (ア) ~ (ウ) にあてはまる数値を記せ。

脱水素酵素 E (分子量 20,000) の酵素活性の測定では、還元型ニコチンアミドアデニジヌクレオチド (NADH) が酸化型 NAD⁺に変換される反応を用いる。このとき、NADH は 340 nm に吸収があり、生成物の NAD⁺は吸収をもたない。実際の実験で、2.0 μg の酵素 E を使ったとき、340 nm での吸光度の減少が最初の 1 分間で 0.31 だった。このときの速度 v は (ア) M min⁻¹、比活性は (イ) μmol min⁻¹ (mg enzyme)⁻¹ と求まる。したがって、この酵素は 1 分間に (ウ) 回反応することになる。ただし、この測定の反応溶液は 1.0 mL、光路長は 1.0 cm、NADH の 340 nm でのモル吸光係数は 6,200 cm⁻¹ M⁻¹、酵素 E は単量体で酵素活性を有するものとし、有効数字は二桁として答えよ。

II. 以下の文章中の空欄 (エ) ~ (キ) にあてはまる式を記せ。ただし、同じ式が複数の空欄に入ることはない。

ミカエリスとメンテンは酵素反応の初速度の濃度依存性を説明するために次のような (あ) 式を考えた。ここで、酵素は E、基質は S、酵素-基質複合体は ES、生成物は P である。



ここで一番目の段階、すなわち ES の形成が非常に迅速な平衡過程として扱えるように $k_{-1} \gg k_2$ を仮定した。

このとき、解離定数 K_s を次式で定義する ([] は各々の濃度を示す)。

$$K_s = \frac{k_{-1}}{k_1} = \frac{[E][S]}{[ES]} \quad (\text{い})$$

生成物形成の初速度 v は次式によって与えられる。

$$v = \left(\frac{d \boxed{\text{(エ)}}}{dt} \right) = \boxed{\text{(オ)}} \quad (\text{う})$$

(問題は次のページに続く)

反応開始直後の酵素の全濃度 $[E]_0$ は、

$$[E]_0 = [E] + \boxed{\text{(カ)}} \quad (\text{え})$$

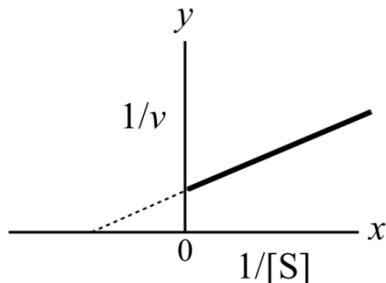
以上より、 v を k_2 、 $[E]_0$ 、 $[S]$ 、 K_s で表すと次式となる。

$$v = \boxed{\text{(キ)}} \quad (\text{お})$$

III. 上記のように E、S と ES がすばやく平衡に達するという迅速平衡仮定法ではなく、酵素・基質複合体濃度 $[ES]$ が定常であるという定常状態仮定法から (お) 式と同様の式を導くこともできる。次の 1) ~ 3) に答えよ。

1) このとき、 v は $v = \frac{a[S]}{b+[S]}$ の形になることを示し、 a 、 b を求めよ。

2) 速度 v と基質濃度 $[S]$ の両逆数を以下のようにプロットしたときの直線の傾き、 x 切片、 y 切片を求めよ。



3) 1) で導出した式において、 $[S] \gg b$ のときの v を V_{\max} とする。ある反応において、基質濃度 $3.0 \mu\text{M}$ のときの v が V_{\max} の $3/4$ になった。このときの b を求めよ。