

筆答専門試験科目（午前）
生命理工学系

2024 大修

時間 9 : 3 0 ~ 1 1 : 0 0

注 意 事 項

1. 次の8 題から 4 題を選択して解答せよ。解答する問題は 4 題を超えてはならない。
(5 題以上解答した場合はすべての答案をゼロ点とする。)
2. 解答は原則として 1 題ごとに答案用紙 1 枚を用い記入せよ。
3. 各答案用紙には、1 枚ごとに必ず問題番号及び受験番号を記入せよ。
4. 問題番号は各答案用紙の「試験科目名」に大きくわかりやすいように記入すること。
5. 記述解答における一行は 4 0 字を目安とすること。
6. 定規、コンパス、電卓の持ち込みは不可とする。
7. 通信機能や計算機能を持つ機器を使用してはならない。
8. 試験問題は試験終了後に持ち帰ってよい。

① 以下の I～IV の間に答えよ。記述解答における一行は 40 字を目安とすること。

- I. 基質 S、生成物 P、酵素 E の間に $E+S \rightleftharpoons ES \rightarrow E+P$ という関係が成り立つような酵素反応において、ミカエリス定数と最大反応速度の関係を 1 行程度で説明せよ。また、ミカエリス定数は酵素のどのような性質を表す指標か 1 行程度で説明せよ。
- II. 酵素が基質に対して正の協同性を有する場合、基質濃度と反応速度の関係を示す曲線を、解答用紙にグラフを描いて示せ。
- III. DNA ポリメラーゼの種類により、DNA 合成反応を行う時の反応正確性 (fidelity) が異なることが知られている。この要因を 2～3 行程度で説明せよ。
- IV. Polymerase Chain Reaction (PCR)を行う際に、実験の目的により DNA 合成反応の fidelity が低い酵素を選んで行う場合がある。どのような目的の実験が該当するか例示して 3～4 行程度で説明せよ。

- ② 次の文章を読み、以下の 1) ～ 5) の間に答えよ。記述解答における一行は 40 字を目安とすること。

葉に代表される植物の光合成器官の細胞では、葉緑体での光合成明反応により ATP と還元力が生成され、これらを用いたカルビン回路反応により CO_2 から糖が合成される。光合成組織で作られた糖は (A) として師管に入り、様々な組織で消費される以外にも、根や茎の変化した貯蔵器官や、種子に運ばれ、デンプンなどに変換されて蓄積される。種子のなかには、(1)主にデンプンを蓄積するデンプン種子、および、デンプンをさらに油脂に変換して蓄積する油種子がある。デンプンやグルコースのような糖質からの油脂合成では、解糖系を經由してアセチル CoA が作られ、これに含まれるアセチル基が順次縮合することで脂肪酸が合成される。油種子に蓄積する油脂は主に (B) であり、これはグリセロールに 3 分子の脂肪酸が (C) したものである。種子が発芽する際には、(2)脂肪酸は分解されてアセチル CoA を生じるが、このアセチル CoA は ATP を生成する基質に使われるのみならず、(3)グルコースに再変換されて様々な生合成に使われる。

- 1) 空欄 A～C に最も適切な語句を以下の語群から選んで答えよ。

<語群>

アミド結合、アラビノース、エーテル結合、エステル結合、ガラクトース、酢酸、ジアシルグリセロール、スクロース、短鎖脂肪酸、長鎖脂肪酸、トリアシルグリセロール、ピルビン酸、ホスファチジン酸、不飽和脂肪酸、ペプチド結合、ラクトース、リボース

- 2) 下線部(1)について、デンプン種子を作る植物、油種子を作る植物をそれぞれ 2 つ答えよ。
- 3) 下線部(2)について、この脂肪酸の分解プロセスの名称を答えよ。

(次ページへ続く)

- 4) 下線部(3)のプロセスは糖新生と呼ばれ、グルコースからピルビン酸に向かう解糖系とは逆に、ピルビン酸からグルコースへと向かう代謝系である。代謝が糖新生の方向に進むためには、代謝中間体 (D) から (E)、および代謝中間体 (F) から (G) の2つの不可逆な反応（もしくは反応系）が活性化される必要がある。これら、D～G にあてはまる代謝中間体の名称を答えよ。
- 5) 私たちを含む哺乳類では、摂取したグルコース等の糖質のうち一部を脂肪酸に変換し、脂質として細胞内に貯蔵する。しかし逆に、この脂質の分解で得られるアセチル CoA を出発物質としてはグルコースを再合成すること（糖新生）ができない。これは哺乳類細胞がグリオキシル酸経路を欠くことによるが、なぜグリオキシル酸経路が糖新生に必要なのか、4～5行程度で説明せよ。

③ 真核細胞における転写に関する以下の I~III の問に答えよ。記述解答における一行は 40 字を目安とすること。

I. 核内で転写により生成した mRNA 前駆体は、核外に搬出されるまでに様々なプロセッシングを受ける。代表的なプロセッシングの名称を 3 つ示し、その詳細をそれぞれ 2 行程度で説明せよ。ただし、それぞれのプロセッシングの説明には以下の単語を用いること。

- 1) エキソン、イントロン
- 2) アデニン
- 3) 7-メチルグアノシン

II. 核内において mRNA の転写が促進される機構について、以下全ての単語を用いて 3 行程度で説明せよ。

エンハンサー、介在因子 (メディエーター)、基本転写因子、プロモーター、ループ構造、RNA ポリメラーゼ

III. mRNA の細胞内における半減期は、約 30 分から 10 時間と mRNA 分子により大きく異なる。

- 1) mRNA の安定性を制御する機構を一つ挙げよ。
- 2) mRNA 分子により安定性が異なることの生理学的な意義を 3 行程度で論ぜよ。

- ④ 次の文章を読み、以下の 1) ～ 4) の間に答えよ。記述解答における一行は 40 字を目安とすること。

小胞体から細胞膜への小胞輸送を測定・可視化するプローブとして、タンパク質 V (V) を想定する。V は、緑色蛍光タンパク質 (GFP) と特定の膜タンパク質との融合タンパク質である。V は、小胞体で合成されたのちタンパク質 X (X) と強く結合し、小胞体に滞留する。化合物 C は、V と X の結合を阻害する機能を持つ。そのため、V は、化合物 C の添加により X から解離し、ゴルジ体を介して細胞膜に輸送される。化合物 C を添加後、V の GFP に由来する蛍光をもとに、各オルガネラと細胞膜に存在する V の割合の時間変化を求めた (図)。

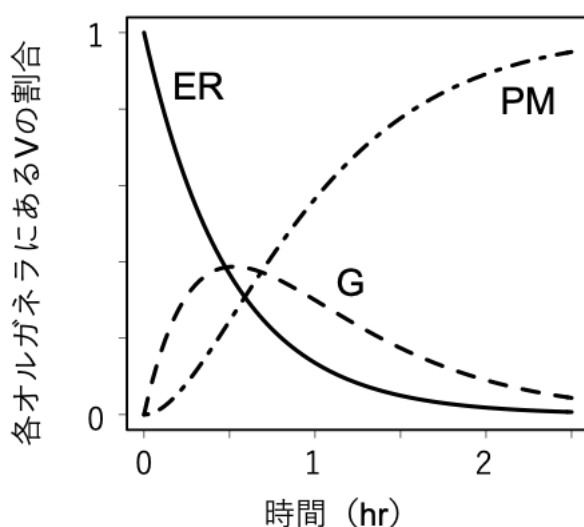


図 化合物 C 添加後の小胞体 (ER)、ゴルジ体 (G)、細胞膜 (PM) に存在する V の割合の時間変化

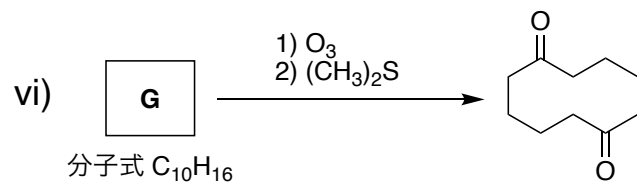
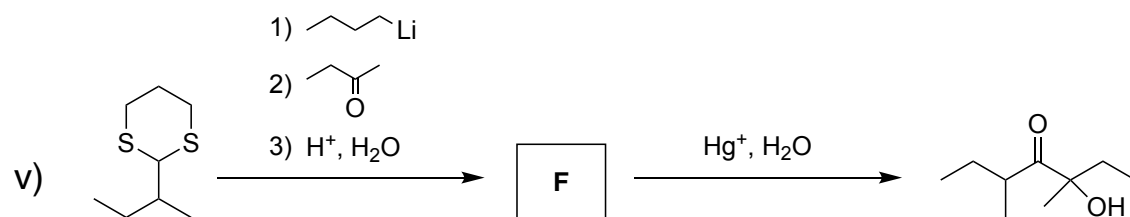
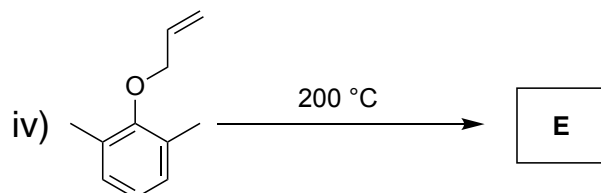
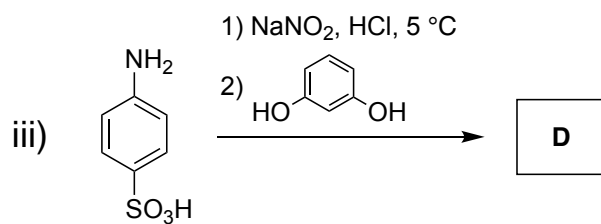
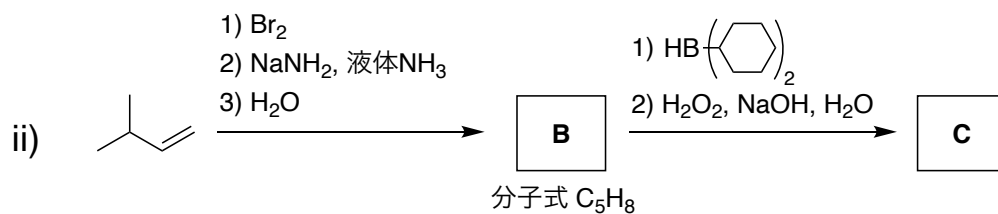
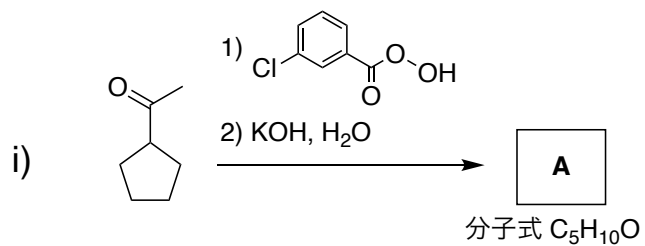
- 1) 次のオルガネラの主要な機能を 2 行程度で述べよ。
- (a) 小胞体 (b) ゴルジ体
- 2) 次の場合、図中の ER、G、PM はどのように変化するか。元のグラフとの違いがわかるように図示せよ。ただし、化合物 C の添加と同時に輸送の阻害が行われたとする。また、V の分解は考慮しないとする。
- (a) 小胞体からゴルジ体への輸送を阻害した場合
(b) ゴルジ体から細胞膜への輸送を阻害した場合

(次ページへ続く)

- 3) **GFP** 蛍光は強いレーザー光の照射により、退色させることができる。この現象を利用し、化合物 **C** 添加前の **V** の小胞体での流動性を検証できる。この実験手法の名称と、流動性を退色後のどのような現象から検出できるかを 2 行程度で述べよ。
- 4) **GFP** などの蛍光タンパク質を用いて、分子の局在以外にも細胞内における分子の動態を調べることができる。具体的な分子動態の例を 1 つ上げ、その検出法の原理を 3 行程度で説明せよ。ただし、設問 3) の例は除く。

⑤ 以下の I～II の間に答えよ。

I. 次の反応 i) ～ vi) において、化合物 **A**～**G** として最も適切な化合物の化学構造式をそれぞれ描け。ただし、光学異性体は考慮しなくてよい。



(次ページへ続く)

II. 次の文章はエーテル誘導体に関する説明文である。空欄ア～カに当てはまる最も適した語句を以下の語群から選び記せ。なお、同じ語句を二度以上使ってはならない。

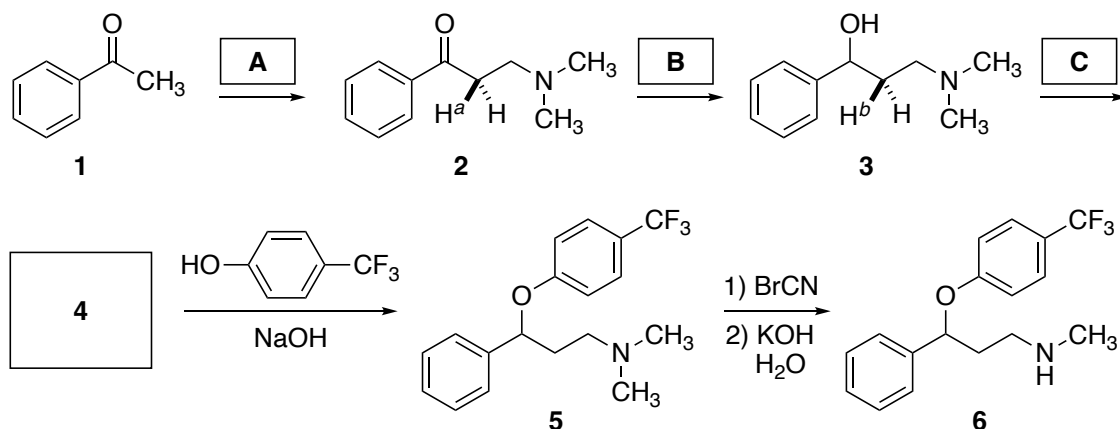
通常のエーテルは求核剤に対して比較的不活性であるが、(ア) 環は位置選択的かつ立体選択的に反応して開環する。(ア) 環とアニオン性の求核剤との反応では、(イ) 反応の原則にしたがって、立体障害のより小さい炭素中心が攻撃され、反転が起こる。(ア) 環の酸触媒による開環では求核攻撃が(ウ) によって支配されるために、置換基の数がより(エ) 炭素で起こりやすい。有機金属反応剤は(ア) 環に対して他のアニオン性求核剤と同様の挙動を示し、(イ) 反応経路で(オ) を与える。ペルオキシカルボン酸は求電子的な酸素原子を持っており、(カ) に対してこの酸素を与え、(ア) 環を生成する。

<語群>

アルカン、アルケン、アルキン、オキサシクロプロパン、オキサシクロペンタン、オキサシクロヘキサン、 S_N1 、 S_N2 、電荷、電気、電子、多い、少ない、アルコール、アミン、チオール

⑥ 以下の I~II の間に答えよ。

I. 次の合成スキームは抗うつ薬である化合物 **6** の全合成を示したものである。
以下の 1) ~ 6) の間に答えよ。

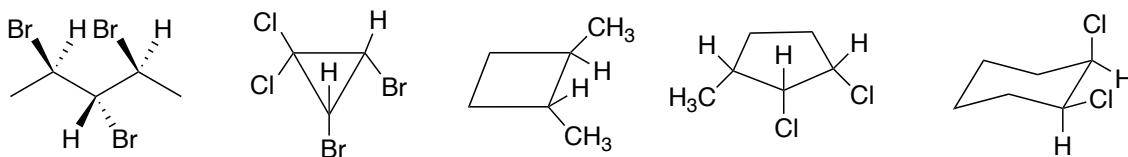


- 1) **A~C** に最も適した試薬を次の試薬群 (ア) ~ (ケ) からそれぞれ 1 つ選び記せ。
(ア) NaCN (イ) $(\text{CH}_3)_3\text{N}$, $\text{LiN}(i\text{-Pr})_2$ (ウ) $(\text{CH}_3)_2\text{NH}$, HCHO (エ) NaBH_4
(オ) CrO_3 , H_2SO_4 (カ) H^+ , H_2O (キ) NaClO_2 (ク) SOCl_2 (ケ) NaCl
- 2) 化合物 **1** から化合物 **2** への反応における反応機構を、化学構造式を用いて記せ。
- 3) 化合物 **2** の IUPAC 命名法による名称を記せ。記載については日本語でも英語でもよいが、両者を混在させないこと。
- 4) 化合物 **2** の水素 H^a と化合物 **3** の水素 H^b それぞれの ^1H NMR スペクトルにおける化学シフト δ (ppm) はどちらが低磁場に観測されるか、1~2 行の理由とともに記せ。
- 5) 化合物 **3** の赤外吸収スペクトルにおける O-H 伸縮振動は、次のどの領域 (単位 cm^{-1}) に吸収ピークを示すか、記号で記せ。
(a) 800-1200 (b) 1200-1600 (c) 1600-2000 (d) 2000-2400
(e) 2400-2800 (f) 2800-3600
- 6) 化合物 **4** の化学構造式を描け。

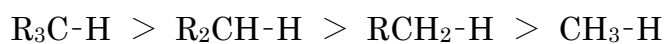
(次ページへ続く)

II. 次の記述 1～6 の中に正しいものが 1 つまたは 2 つある。その番号を答えよ。

1. 2,2,2-トリクロロエタノールは 2,2,2-トリフルオロエタノールより酸性度が高い。
2. 2-メチル-1-プロペンを臭化水素と反応させると 1-ブロモ-2-メチルプロパンが主に生成する。
3. 液体アンモニアとエタノールの混合物にベンゼンを溶解し金属ナトリウムと反応させると、1,3-シクロヘキサジエンが主に生成する。
4. シクロペンタジエニルアニオンは芳香族化合物である。
5. 以下の化合物群の中でメソ化合物は 3 つある。



6. アルカンの C-H 結合の強さは以下の順番になる。ただし、R はアルキル鎖を表す。



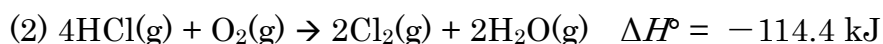
⑦ 反応速度に関する以下の問に答えよ。

物質Aから生成物Bが生じ、それが分解して生成物Cが生じる。各ステップが1次反応であり、副生成物がなく、逆反応が無視できるとする。ただし、BとCの生成速度定数を k_a 、 k_b 、Aの初濃度を $[A]_0$ とし、反応時刻 t におけるA、B、Cの濃度をそれぞれ $[A]$ 、 $[B]$ 、 $[C]$ とする。温度、圧力は一定とする。

- 1) $[A]_0$ を $[A]$ 、 $[B]$ 、 $[C]$ をすべて用いた式で表せ。
- 2) Aの濃度の時間変化を k_a および $[A]$ を用いて表せ。
- 3) Bの濃度の時間変化を $[A]$ 、 $[B]$ 、 k_a 、 k_b を用いて表せ。
- 4) この反応において $[C]$ は、 $[C] = \{1 + (\text{ア}) / (k_b - k_a)\} [A]_0$ と表すことができる。
 $k_a e^{-k_b t}$ と $k_b e^{-k_a t}$ を用いて、(ア) に当てはまる式を記せ。
- 5) 4) の関係があるとき、Bの濃度が最大になる時刻 $t_{\max}$ を k_a と k_b を用いて表せ。

⑧ 物質のエネルギーに関する I ～ III の間に答えよ。

I. 熱化学方程式(1)、(2)を用い、 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 、 $\text{HCl}(\text{g})$ 、 $\text{Cl}_2(\text{g})$ の標準生成エンタルピー $\Delta_f H^\circ$ をそれぞれ答えよ。ただし、標準圧力は 1 bar、温度は 25°C とする。



II. ある物質のモルエンタルピーが、圧力一定の所定の温度域で T の多項式 $H_m(T) = a + bT + cT^2$ で表せるとする。このとき温度 T におけるモル定圧熱容量を答えよ。ただし、 a 、 b 、 c は、温度によらない定数とする。

III. 温度 T_0 、 T_1 ($T_1 > T_0$) を含む温度領域内において、気体状態の物質 A、B、C の反応は、 $\text{A}(\text{g}) + \text{B}(\text{g}) \rightarrow \text{C}(\text{g})$ と表される。ただし、圧力は標準圧力(1 bar)、気体はすべて完全気体、各物質の熱容量は温度によらないものとする。気体定数 R 、温度 T_0 、 T_1 、気体状態の各物質の標準モル定圧熱容量 $C_{p,m}^\circ(\text{A})$ 、 $C_{p,m}^\circ(\text{B})$ 、 $C_{p,m}^\circ(\text{C})$ 、気体状態の各物質の温度 T_0 における標準生成エンタルピー $\Delta_f H^\circ(\text{A})$ 、 $\Delta_f H^\circ(\text{B})$ 、 $\Delta_f H^\circ(\text{C})$ のうち、適切なものを用いて以下の間に答えよ。

1) 圧力を 1 bar に保ったまま、気体の物質 C を温度 T_0 から T_1 まで加熱したときの物質 C のモル内部エネルギーの変化を答えよ。

2) 温度 T_1 における反応 $\text{A}(\text{g}) + \text{B}(\text{g}) \rightarrow \text{C}(\text{g})$ の標準内部エネルギー変化を答えよ。