

整理番号
2

2023年度4月入学 東京農工大学工学府博士前期課程

生命工学専攻

問題用紙 ライフサイエンス

9枚のうち1

受験番号 MC-

注意事項（試験開始前に必ず読むこと）

- この問題用紙は大問6題（総枚数9枚）から構成されている。
- 「解答始め」の指示の後、大問 **1** ～ **6** 全ての問題を解答すること。
- 各問題に対する解答は、対応する解答用紙に記入すること。
- 問題用紙の冊子、解答用紙の冊子はいずれも「解答始め」の指示があるまで、開いてはならない。
- 解答用紙は全て試験終了後に回収する。持ち帰ってはならない。

9枚のうち2

受験番号 MC-

1

次の文章を読んで、以下の問いに答えなさい。

多くの生物はグルコースを代謝することでエネルギーを獲得している。グルコースは解糖系でピルビン酸に変換される。解糖系でグルコースの代謝の最初の反応を触媒する酵素は(ア)である。ピルビン酸は、嫌気的条件下では、酵母ではエタノールに変換され、動物細胞では(イ)に変換される。好気的条件下では、ピルビン酸は(ウ)によりアセチルCoAに変換される。アセチルCoAはTCA回路で二酸化炭素に分解され、(エ)、 $FADH_2$ および(オ)が得られる。(エ)と $FADH_2$ は電子伝達系で酸化され、その過程で H^+ の濃度勾配が生成する。この H^+ の濃度勾配のエネルギーを用いてATP合成酵素がATPを合成する。グルコースは高濃度になると浸透圧に影響を与えるので、aグリコーゲンに変換されて貯蔵される。植物は光合成により、二酸化炭素を固定して六炭糖を生産する。二酸化炭素を固定する酵素はRubiscoである。Rubiscoは、1分子の(カ)と1分子の二酸化炭素を反応させ、2分子の(キ)に変換する。1分子の六炭糖を生産するために、6分子の二酸化炭素が固定される。生成する12分子の(キ)のうち2分子が六炭糖の生産に使われ、10分子の(キ)から(ク)回路で6分子の(カ)を再生する。(ク)回路では、光合成の明反応で生成するATPのエネルギーとNADPHの還元力が使われる。非光合成生物では、bグルコース6リン酸からNADPHと五炭糖を合成している。高温条件下では、Rubiscoはオキシゲナーゼ活性が高くなり、光合成能が低下する。熱帯植物は、(ケ)回路により二酸化炭素を濃縮することで光合成を促進している。

〔1〕空欄に当てはまる適切な語句を記せ。

〔2〕嫌気的条件下で、ピルビン酸がエタノールなどに変換される理由を30文字以内で説明せよ。

〔3〕電子伝達系を構成する4つの複合体のうち、2つの名称を記せ。ただし、複合体Iのような略称は認めない。

〔4〕下線部aに関して以下の問いに答えよ。

(1) 同じグルコースのポリマーであるデンプンと比較して、グリコーゲンが迅速に分解される理由を30文字以内で説明せよ。

(2) デンプンの加水分解と比較して、グリコーゲンの分解がエネルギー的に有利である理由を50文字以内で説明せよ。

〔5〕下線部bに関して以下の問いに答えよ。

(1) この回路の名称を記せ。

(2) この回路を最初に触媒するグルコース6リン酸デヒドロゲナーゼの遺伝子が欠損すると溶血性貧血を発症することが知られている。その理由を50文字以内で説明せよ。

整理番号
2

生命工学専攻

問題用紙 ライフサイエンス

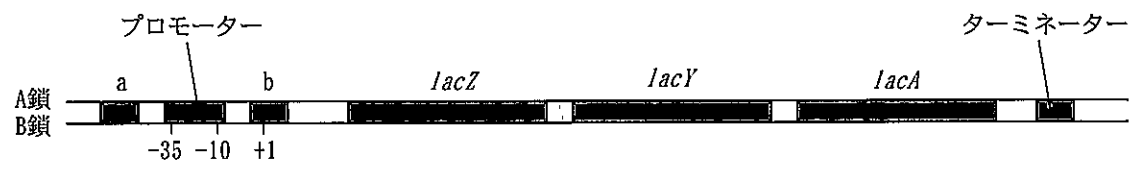
9枚のうち 3

受験番号 MC-

2

大腸菌の遺伝子の構造に関する次の文章を読んで、以下の問いに答えなさい。

下記の図は、大腸菌の*lac*オペロンの構造を示す模式図である。灰色のボックスは、*lac*オペロンを構成する各遺伝子と転写に関わる塩基配列の位置を示している。aとbに存在する塩基配列は、*lac*オペロンの転写調節に関わる。+と-で示す数字は、転写開始点からの塩基の位置を示している。ただし、図における遺伝子間の距離や遺伝子長、数字間の距離は、実際の塩基数を反映するものではない。



- 〔1〕 図中のaとbに結合するタンパク質の名称をそれぞれ答えなさい。
- 〔2〕 プロモーターを認識するRNAポリメラーゼのサブユニットの名称と、そのサブユニットが持つDNA結合に関わるモチーフの名称を答えなさい。
- 〔3〕 aに結合するタンパク質は、ある物質の細胞内濃度に依存して、結合したり、離れたりする。ある物質の名称を答えなさい。
- 〔4〕 a、bの両方にタンパク質が結合していない時、細胞内のグルコースとラクトースの濃度はそれぞれどのようなになっていることが予想されるか、40字以内で答えなさい。
- 〔5〕 図のDNAから合成されるmRNAを、転写される範囲がわかるように線を引いて描きなさい。また、描いた線には、mRNAの3'末端と5'末端、リボソーム結合部位の位置を全て記しなさい。
- 〔6〕 〔5〕で描いたmRNAの配列は、A鎖、B鎖のどちらを鋳型として合成されるか、答えなさい。
- 〔7〕 内在性ターミネーター (ρ非依存性ターミネーター) の塩基配列の特徴を40字以内で答えなさい。
- 〔8〕 mRNAとリボソームの結合には、リボソームのサブユニットを構成するRNAが関わっている。mRNAへの結合に関わるリボソームのサブユニットの名称と構成するRNAの名称をそれぞれ答えなさい。
- 〔9〕 遺伝暗号表において、終止コドンに対応するアミノ酸は存在しない。終止コドンを識別し、翻訳の終結に関わる分子の名称を答えなさい。
- 〔10〕 ここに、*lacZ*遺伝子の開始コドン直後の一塩基が欠損した大腸菌の突然変異株が存在する。この変異株では、変異を持たない株と比較して、*lac*オペロンから発現するタンパク質にどのような違いがあることが予想されるか、LacZ、LacY、LacAの3つのタンパク質それぞれについて、80字以内で答えなさい。

9枚のうち4

受験番号 MC-

3

次の文章を読んで、以下の問いに答えなさい。

ヒトの細胞のタンパク質の輸送は、輸送されるタンパク質に存在する（ア）配列により輸送先が決定される。（ア）配列は、タンパク質の（イ）末端に存在することが多い。タンパク質を細胞質から核へ移動する輸送は（ウ）複合体を介して行われる。通常、（エ）kDa以下の小分子は（オ）によって（ウ）を通過できるが、数万kDa以上の巨大分子は特定の物質しか通過できない。タンパク質が膜を通過する輸送では、タンパク質転送装置を介してミトコンドリアや小胞体へ運ばれる。小胞体からゴルジ装置や細胞膜への輸送は小胞輸送と呼ばれる。ゴルジ装置では主としてタンパク質の糖修飾が行われ、その後タンパク質は細胞膜やリソソームに輸送されたり、細胞外に分泌される。細胞表面受容体は細胞膜に輸送され、（ア）分子と結合し、細胞内に情報が伝達される。

- [1] （ア）から（オ）の括弧内に最も適切な語句や数字を答えなさい。
- [2] 下線部aに関して、小分子と巨大分子の輸送形式の名称をそれぞれ答えなさい。
- [3] タンパク質を構成するアミノ酸のうち、中性pHで荷電した側鎖を有するアミノ酸を5つ答えなさい。ただし、略号は用いないこと。
- [4] 小胞体から輸送されたタンパク質は、特定の輸送小胞（COPII被覆輸送小胞）に積み荷として積載され、微小管に沿ってゴルジ装置に運ばれる。ゴルジ装置では、小胞の受け入れと送り出す面が異なる。それぞれの面の名称を答えなさい。
- [5] 分泌細胞におけるゴルジ装置からのタンパク質の細胞外分泌では、分泌経路が2つに分かれる。この2つの分泌経路の名称をそれぞれ答えなさい。また、それぞれの分泌経路の働き方の違いについて、45文字以内で答えなさい。
- [6] 細胞表面受容体は、情報伝達の仕組みにより3つに分類される。その名称をそれぞれ答えなさい。
- [7] 膵臓のA細胞（ α 細胞）、B細胞（ β 細胞）、D細胞（ δ 細胞）が細胞外に分泌する主要なホルモンの名称と主な作用を簡潔にそれぞれ答えなさい。

9枚のうち5

受験番号 MC-

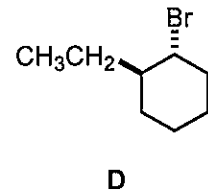
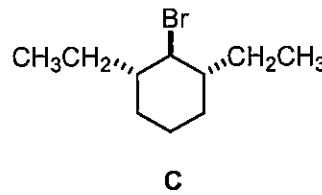
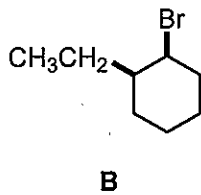
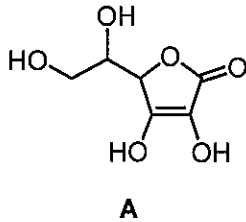
4

次の文章を読んで、以下の問いに答えなさい。

〔1〕以下の(1), (2)に答えなさい。

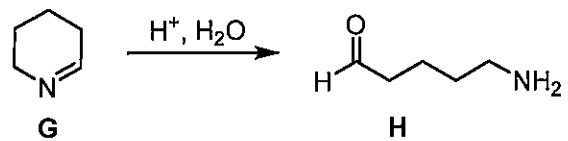
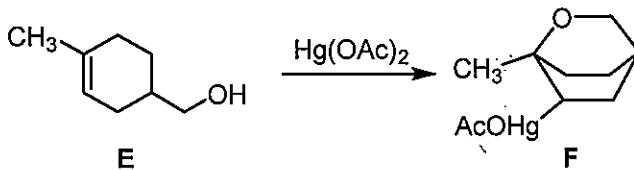
(1) アスコルビン酸(A)の4つのOH基の中で、最も酸性度が高いプロトンをもつものを丸で囲みなさい。

(2) 次の化合物B-Dの構造について、最も安定なす形配座を書きなさい。また、E2反応の反応性が高いものから順に、B-Dのアルファベットを並べて示しなさい。

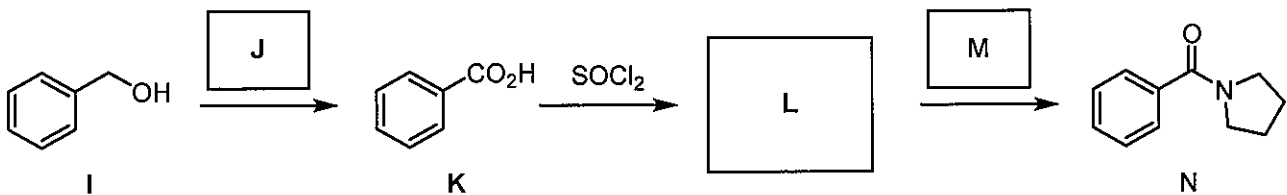


〔2〕以下の(1), (2)の反応の反応機構を電子の動きを表す矢印を用いて示しなさい。

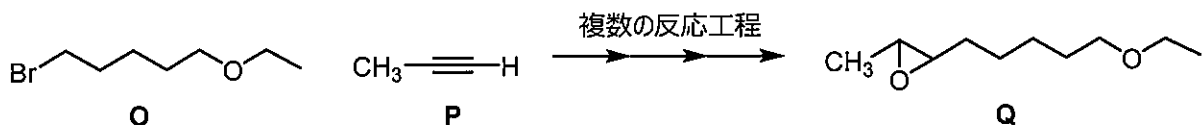
- (1) 化合物Eから化合物Fへ変換する反応
 (2) 化合物Gから化合物Hへ変換する反応



〔3〕化合物Iを出発物質として化合物Nを合成した。この反応に必要な試薬Jおよび化合物L, Mの構造を書きなさい。



〔4〕化合物O, Pを出発物質として用い、化合物Qを合成することとした。このための反応工程(複数要する)を、必要な試薬とともに化学式を用いて書きなさい。ただし、反応機構は示さなくてよい。



9枚のうち6

受験番号 MC-

5

次の問〔1〕～〔3〕に答えなさい。

〔1〕生体内の金属に関する以下の文章を読み、設問に答えなさい。

生物の体の中には様々な種類の金属が存在し、それぞれが役割を持っている。ヒトの血液中に存在する（ア）では鉄イオンが①ヘモグロビンおよびミオグロビンと結合し酸素の運搬に寄与している。軟体動物や節足動物では銅イオンが血リンパに含まれる（イ）と結合し酸素の運搬を担っている。（イ）の活性中心は2原子の銅イオンが対を形成し、それぞれの間には②反強磁性相互作用が働く。また、カルシウムイオンは細胞の内外で比較すると（ウ）により多く存在し、特に神経細胞において情報伝達を担っている。③生体内の微量元素は輸送や貯蔵される事でその量を一定に保つしくみがある。

(1) 空欄（ア）～（ウ）に当てはまる適切な語句を答えなさい。

(2) 下線①のヘモグロビンに関する以下の文章(i)~(iv)の内、誤っているものを一つ選びなさい。

(i) ヘモグロビンは1本の α 鎖と1本の β 鎖から成る2量体の分子である。

(ii) ヘモグロビンに酸素が結合すると鉄イオンに対しヒスチジン残基が近づく構造へ変化する。

(iii) ヘムの鉄イオンの周りは計4つの窒素原子が取り囲む構造を持つ。

(iv) ヘムはその種類によってそれぞれに特徴的な吸収スペクトルを示す。

(3) 下線②の反強磁性相互作用について80字以内で説明しなさい。

(4) 下線③について、筋肉の細胞内では小胞体にカルシウムイオンを貯蔵するしくみが存在する。小胞体の外部から内部へカルシウムイオンを流入させるしくみについて【カルシウムポンプ】、【ATP】、【濃度勾配】の語句を必ず使用して100字以内で説明しなさい。

〔2〕燃焼反応に関する以下の設問に答えなさい。

1 molの水素 H_2 、炭素C、およびメタン CH_4 を25℃において燃焼させ、 H_2O と CO_2 に変化させる。この時、水素 H_2 、炭素C、およびメタン CH_4 、それぞれの燃焼熱（ $-\Delta H$ に等しい）は 284 kJ mol^{-1} 、 394 kJ mol^{-1} および 890 kJ mol^{-1} である。

(1) 水素 H_2 、炭素C、メタン CH_4 を燃焼させる際のそれぞれの反応式を記述しなさい。(2) 25℃におけるメタン CH_4 の標準生成エンタルピーの値を計算しなさい。途中の過程と単位を解答に含めなさい。

〔3〕理想気体と実在気体について説明した以下の文章を読み、設問に答えなさい。

n モルの気体を体積 V の容器に入れた時の圧力を P 、気体定数を R 、絶対温度を T とする。理想気体における気体の状態方程式は $PV = nRT$ となる。一方、実在気体の場合には気体の状態方程式は下記の式 (1) のようになる。ここで式(1)の a は分子間の引力の影響を示す定数であり、 b は分子の体積の影響を示す定数である。実在気体は理想気体と異なり分子間の引力が存在するため、実際に壁にかかる圧力は同じ分子数の理想気体を同じ体積の容器に入れた時の圧力よりも (ア：高い・低い)。また、実在気体においては分子が自由に運動できる体積が容器の体積 V よりも (イ：大きい・小さい)。実在気体を理想気体に近づけるためには (ウ：高い・低い) 温度でかつ (エ：高い・低い) 圧力の条件にする必要がある。

$$\left(P + \frac{n^2 a}{V^2}\right)(V - nb) = nRT \quad (1)$$

- (1) 空欄 (ア) ~ (エ) に当てはまる適切な語句を一つ選びなさい。
 (2) 1.0 mol の気体状態のアンモニアを 27°C (絶対温度 300 K) で温度一定の条件下において 2.0 atm から 4.0 atm に変化させたときの Gibbs エネルギーの変化量の値を気体定数 R 、温度 T 、分子間の引力の影響を示す定数 a 、および分子の体積の影響を示す定数 b を用いて表しなさい。ただし、気体状態のアンモニアはこの設問に限り以下の式(2)に従うとする。

$$PV = nRT + n\left(b - \frac{a}{RT}\right)P \quad (2)$$

- (3) 前問 (2) で表した Gibbs エネルギーの変化量の値を計算し有効数字 2 桁で答えなさい。途中の過程と単位を解答に含め、最終解答の単位は [J:ジュール] としなさい。27°C の気体状態のアンモニアにおける分子間の引力の影響を示す定数 a と分子の体積の影響を示す定数 b の値はそれぞれ、 $a = 4.2 \times 10^{-6} \text{ atm m}^6 \text{ mol}^{-2}$ および $b = 3.7 \times 10^{-5} \text{ m}^3 \text{ mol}^{-1}$ であるとする。また、この時のアンモニアの気体定数の値は $R = 8.3 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ および $R = 0.082 \text{ atm dm}^3 \text{ K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ を使用しなさい。必要に応じて $1 \text{ atm dm}^3 = 101 \text{ J}$ 、および $\ln 2 = 0.69$ の値を使用しなさい。

6

質量分析と核磁気共鳴に関する、以下の問いに答えなさい。

〔1〕質量分析を用いた混合試料の分析では、前段に液体クロマトグラフィーを接続し、あらかじめ混合試料を分離してから質量分析部に導入することがある。液体クロマトグラフィーは、どのような原理を利用して混合試料に含まれる分子を分離するのか、「移動相」、「固定相」、「相互作用」のキーワードをすべて用いて、80字以内で記述しなさい。また、オクタデシル基で修飾されたシリカゲルを固定相として用いた場合、分子の分離に関連する主な相互作用として正しいものはどれか、次の（ア）～（エ）の中から1つ選びなさい。

（ア）吸着 （イ）疎水性相互作用 （ウ）イオン交換 （エ）サイズ排除

〔2〕質量分析は、分子をイオン化することで、分子の分離・検出を行う計測技術である。そのイオン化法として、エレクトロスプレーイオン化（ESI）法とマトリックス支援レーザー脱離イオン化（MALDI）法がある。以下の文章は、この2つの原理の説明文である。文中の（ア）～（コ）に当てはまる最も適切な語句を、以下の語句からそれぞれ1つずつ選びなさい。ただし、本文に使用しないものも含まれる。

語句：大気圧、希ガス、カーテンガス、ネブライザーガス、レーザー、有機低分子、熱エネルギー、電子エネルギー、プロトン、電圧、電荷、電流、磁力、反発力、表面張力、ソフト、ハード、帯電微小液滴

ESI では、試料に含まれる分子がイオン源に導入される際、（ア）を印加したキャピラリの外側から（イ）を流しスプレーすることで、分子を含む細かな（ウ）が作られる。（ウ）中における電荷同士の（エ）が液体の（オ）を超えると、分子イオンとなって気相中に放出される。一方MALDIでは、（カ）を吸収する（キ）と試料を混ぜ、そこに（カ）を照射する。その結果、（キ）と試料は気化され、同時に（キ）と試料間で（ク）の授受が起こり、試料に含まれる分子がイオン化される。ESIやMALDIは、ガスクロマトグラフィー質量分析でよく用いられる（ケ）イオン化法である電子イオン化法に比べて、分子イオンが比較的感受度良く検出されることから（コ）イオン化法に分類される。

〔3〕質量分析の計測結果であるマススペクトルの横軸の単位である m/z は何を意味するものか、40字以内で答えなさい。

整理番号
2

2023年度4月入学 東京農工大学工学府博士前期課程

生命工学専攻

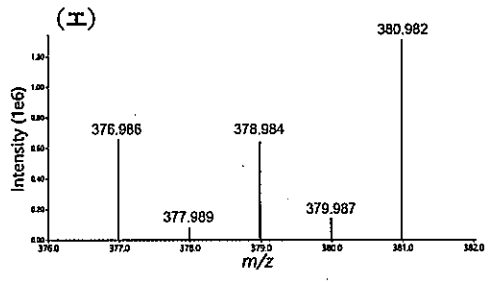
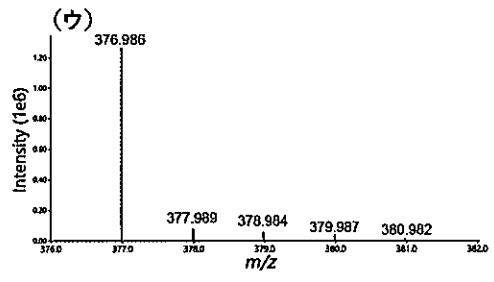
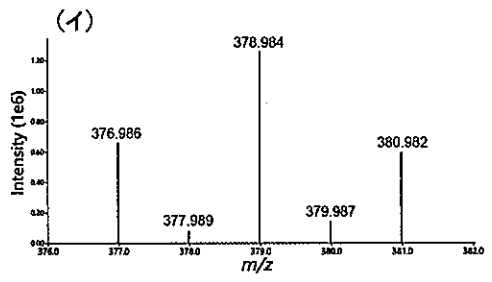
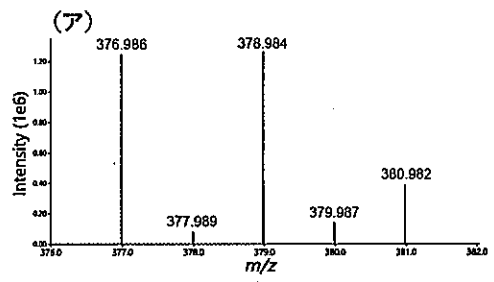
問題用紙 ライフサイエンス

9枚のうち9

受験番号 MC-

6

〔4〕以下の（ア）～（エ）のマススペクトルのうち、組成式が $C_{13}H_{18}Br_2N_2O$ の生体分子から得られるものとして最も確からしいものはどれか、1つ選びなさい。また、選択した理由を100字以内で説明しなさい。ただし、 m/z 376.986がモノアイソトピックイオンであり、 m/z 377.989、 m/z 378.984、 m/z 379.987、 m/z 380.982は同位体イオンである。また、炭素、水素、臭素、窒素、酸素、電子の精密質量はそれぞれ、12.000000、1.007825、78.918337、14.003074、15.994914、0.000548とし、本スペクトルは質量精度5 ppmで取得されたものとする。尚、モノアイソトピックイオンとは、天然同位体のうち存在量が一番多い同位体で構成されるイオンを意味する。



〔5〕あなたは今、ある植物に含まれる抗がん活性分子の探索に取り組んでいる。植物抽出液をイオン交換およびサイズ排除クロマトグラフィーを用いて分画したところ、350 Da以下の陽イオン分子が抗がん活性を示すことがわかった。また、あなたは今、質量分析装置（分解能30万以上、質量精度が1 ppm以下）と、核磁気共鳴装置（800 MHz）が利用できるものとする。この2つの装置を用いて、活性成分の構造決定を行うための記述として正しいものを以下の（ア）～（カ）の中からすべて選びなさい。

- （ア）核磁気共鳴装置は質量分析装置よりも検出感度が高いため、目的分子の生体試料中濃度を核磁気共鳴装置により見積もる。
- （イ）質量分析装置により、生体分子の質量および組成式を決定する。
- （ウ）質量分析装置では構造情報が得られないため、構造決定は核磁気共鳴装置のみで行う。
- （エ）核磁気共鳴装置により原子の結合情報、および立体化学情報を得る。
- （オ）提案する化学構造が合成可能な場合は、化学合成した化合物の質量分析および核磁気共鳴スペクトルを照らし合わせ、構造を確定させる。
- （カ）上記には正しい記述は存在しない。