

令和2年度 大学院博士前期課程入学試験問題

生物工学Ⅱ

生物化学，微生物学，分子細胞生物学から2科目選択しなさい。

解答には，問題ごとに1枚の解答用紙を使用しなさい。

問題用紙ならびに余った解答用紙にも受験番号を記載しなさい。

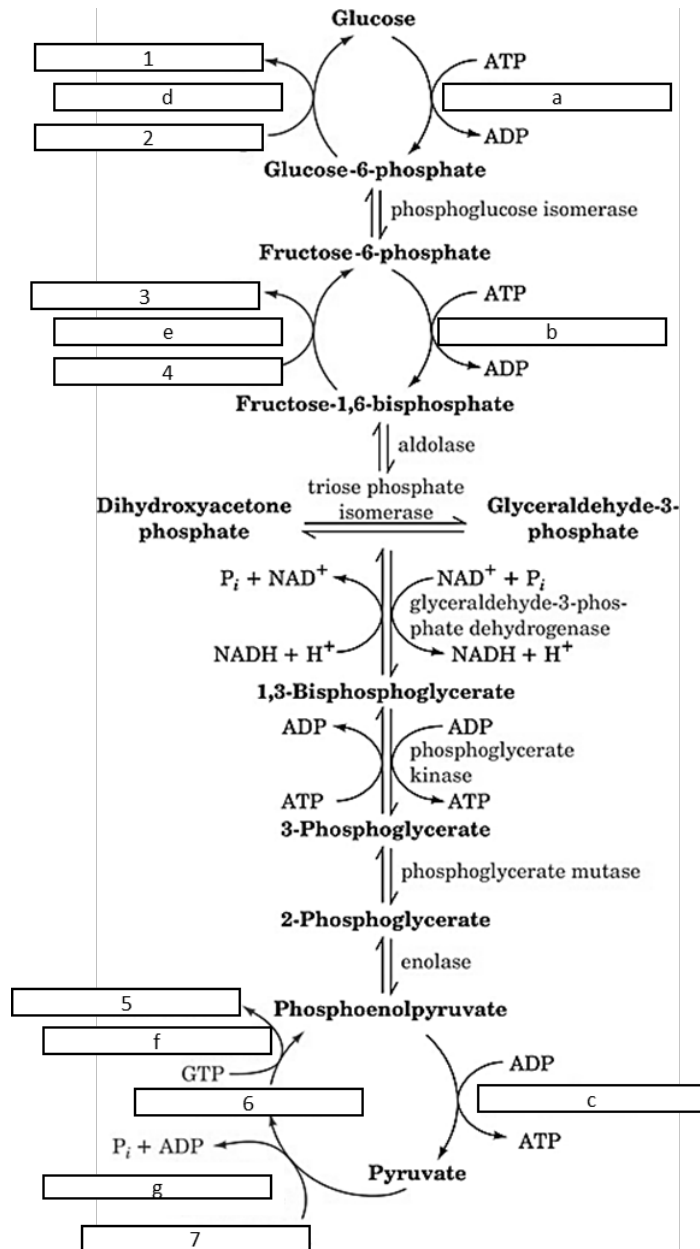
試験終了時に回収します。

受験番号	
------	--

生物化学

問題1 (配点率 25/100)

グルコースの代謝に関する以下の図を見て問いに答えなさい。



This figure is quoted and modified from Figure16-15 of "Fundamentals of Biochemistry" fifth edition, D.Voet, J. Voet, C. Pratt, X

次ページへ続く (Continued on the next page)

(1) 糖新生とはなにか 100 文字程度で説明しなさい。

(2) 図中の ~ にあてはまる酵素名, ~ にあてはまる化合物名を答えなさい。ボックス と には複数の化合物名が入る。

- (3) $^{14}\text{CO}_2$ 存在下で糖新生を経てグルコースが生成されたとすると、 ^{14}C はグルコースの何位に入るか. a) ~ e) から選びなさい.
- a) 1位の炭素
 - b) 2位の炭素
 - c) 6位の炭素
 - d) 1位または6位の炭素
 - e) どの炭素にも入らない
- (4) 図中にある糖新生の生理学的意義を2つ答えなさい.
- (5) フルクトース 2,6-二リン酸はグルコース代謝における重要な制御因子である. 解糖系(または糖新生)の制御にどの様に関わっているか, 関連する酵素名を挙げて 150 文字程度で説明しなさい.

問題 2. (配点率 25/100)

タンパク質の解析に関する以下の問いに答えなさい。

- (1) タンパク質の性質(A - D) に基づいた適切な精製法(① - ④)を 1 つずつ選びなさい。

タンパク質の性質

- A. 溶解度
- B. 結合特異性
- C. イオン電荷
- D. 極性

精製法

- ① 疎水性クロマトグラフィー
- ② 電気泳動
- ③ 塩析
- ④ アフィニティクロマトグラフィー

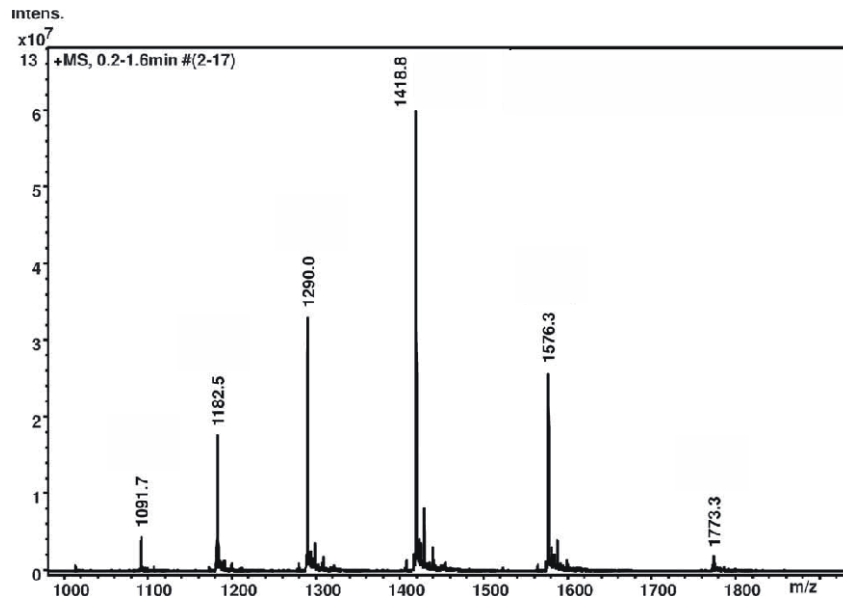
- (2) タンパク質が持つイオン電荷を用いた精製法を、上記以外に 2 種類答えなさい。

- (3) ゲルろ過クロマトグラフィーを用いた場合、アルブミンとリゾチームではどちらが先に溶出するか答えなさい。また、その理由を 50 文字程度で答えなさい。

- (4) タンパク質の濃度は分光光度計を用いて測定できる。溶液中の溶質が光を吸収するときに従う法則の名称とその式を書きなさい。また、式中の記号の意味を全て答えなさい。

- (5) 精製したタンパク質を質量分析計で解析するとき、エレクトロスプレーイオン化法 (ESI) が用いられることが多い。ESI の原理を 50 文字程度で答えなさい。

- (6) あるタンパク質を ESI でイオン化し検出した場合、マススペクトルにはイオン価数の違いによって $[M+nH]^{n+}$ の連続したピークが得られる。以下のマススペクトルは、あるタンパク質を ESI でイオン化し検出したマススペクトルであり、ピークに付した数字は検出された m/z (質量電荷比) である。この情報から、タンパク質の質量数を整数で答えよ。また最も高い強度を持つ m/z 1418.8 の価数 z を整数で答えなさい。



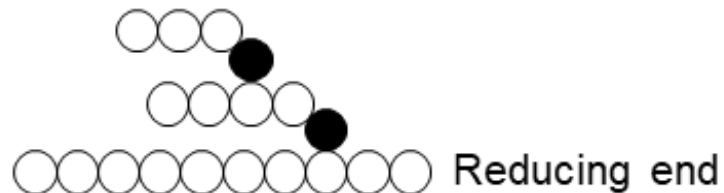
(マススペクトル出典 : Winkler R. Rapid Commun Mass Spectrom, 24, 285-294 (2010))

(7) タンパク質の一次構造を決定するにあたりタンデム質量分析法を用いることがある。タンデム質量分析法の原理を 150 字程度で答えなさい。

問題 3 (配点率 25/100)

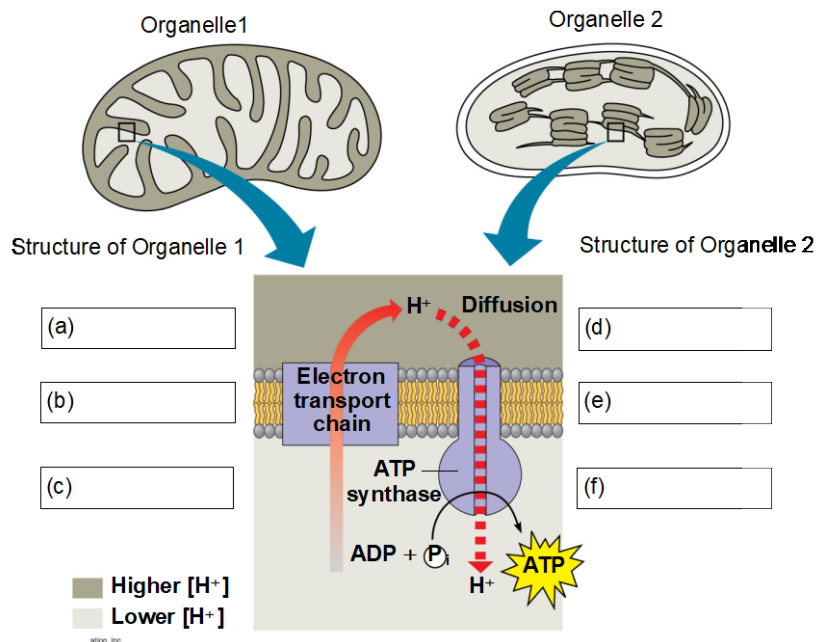
糖質に関する以下の問い(1)~(5)に答えなさい。

- (1) ケトヘキソースにはいくつの立体異性体があり得るか答えなさい。
- (2) アルドヘキソースの異性体の中からエピマーの関係にあるものを 2 つ選び、それらの名称を答えるとともに構造を Fischer 投影式でそれぞれ示しなさい。
- (3) ラクトースを構成する二つの糖を用いて、ラクトース以外に作ることでできる還元性を有するヘテロ二糖はいくつあるか答えなさい。ただし、アノマー炭素は α も β もとり得るものとする。
- (4) セルロースをジメチル硫酸で処理すると遊離の OH 基はすべてメチル化された。次に、グリコシド結合をすべて加水分解した。このとき得られるメチル化された糖の構造をすべて Haworth 式で示しなさい。
- (5) 下の模式図で示すアミロペクチンを β -アミラーゼで完全に加水分解した。このとき得られる最小単位の糖質の名称を答えるとともに、その構造を Haworth 式で示しなさい。
また、生じる限界デキストリンの構造を模式図で示しなさい。ただし、○は $\alpha(1\rightarrow4)$ 結合の、●は $\alpha(1\rightarrow6)$ 結合の単糖を示す。



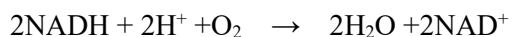
問題 4 (配点率 25/100)

- (1) 下図は、オルガネラにおける ATP 合成を模式的に示したものである。(i)から(iv)の問いに答えなさい。



This figure is quoted and modified from Campbell Biology (mastering biology) Educator version HP

- (i) オルガネラ 1, オルガネラ 2 の名称を答えなさい。
- (ii) オルガネラ 1 における構造 (a)から(c), および, オルガネラ 2 における構造 (d)から(f) の名称を答えなさい。
- (iii) オルガネラ 1, オルガネラ 2 における ATP 合成の相違点について, 図中の用語 (オルガネラ 1, オルガネラ 2, および, (a)から(f)を含む) をいくつか用いて 150 字程度で説明しなさい。
- (iv) オルガネラ 1 の電子伝達系における正味の反応は次式で示される。



オルガネラ 2 の電子伝達系における正味の反応について, 同様の式を記しなさい。

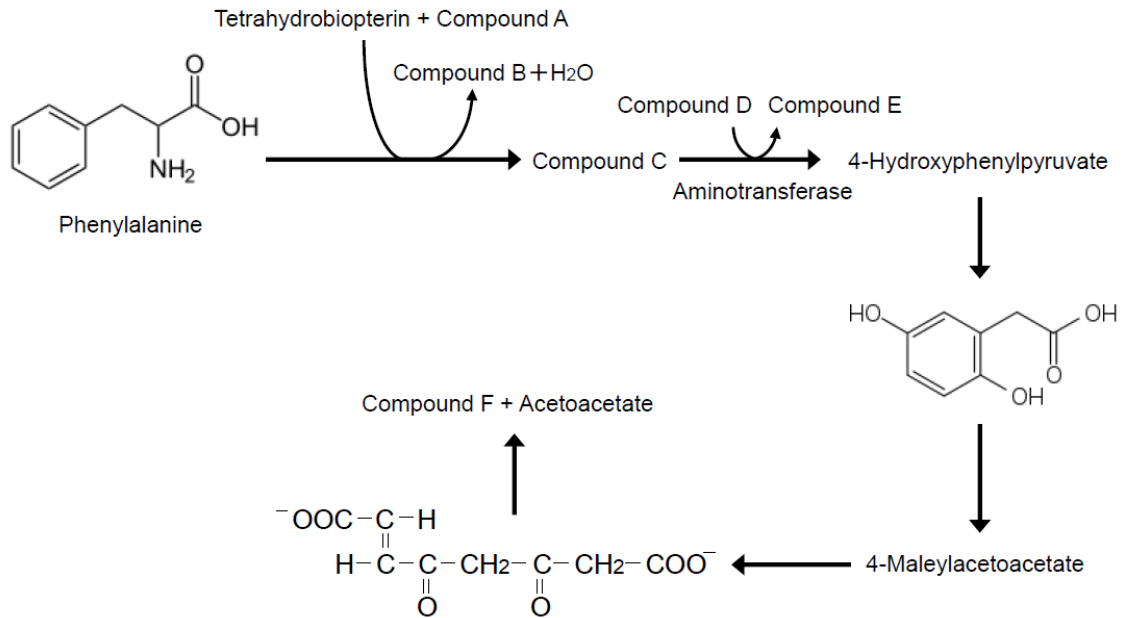
- (2) 細胞内の酸素分圧が高くなると, 光合成の暗反応はどのような影響を受けるか. 暗反応における酵素名を使って 50 字程度で説明しなさい。

- (3) 気候変動の特徴の一つに, 日中の平均温度の上昇より夜間の平均気温の上昇が大きいことが挙げられる. 光合成や呼吸を含む代謝プロセスの反応速度は温度に依存するが, 気候変動は植物の成長にどのような影響を与えるか? 考えうることを 100 字程度で述べなさい.

微生物学

問題 1 (配点率 40/100)

フェニルアラニンの分解に関連する反応経路を図に示している。下記の設問に答えよ。



(1) 物質 A, B, C, D, E, F の名前を示せ。

(2) 物質 C, F の構造を示せ。

(3) フェニルケトン尿症は、乳児期に発達の遅れやけいれんなどの中枢神経症状で発症する。患者の尿中には、フェニルアラニンの代謝物であるフェニルケトンが大量に排泄される。ダイエット食やソフトドリンクの主な甘味成分アスパルテームを含む製品には当該患者への警告文が載っている。その理由を示せ。

問題 2. 配点率 30/100)

翻訳に関する質問に答えよ.

(1) 下記の文章の(a) ~ (c)にあてはまる最も適切な語句を答えよ.

tRNA は L 字形のその 3 次構造の一方の端に (a) を持つ. (b) と呼ばれる酵素は, tRNA の 3 次構造のもう一方の端に (a) に対応する (c) を結合する.

(2) 原核生物の mRNA 上のリボソーム結合部位にあるおおよそ 6 ヌクレオチドからなる配列を何と呼ぶか. また, 真核生物と比べた場合, 原核生物の開始 tRNA の主な特徴を 1 文で述べよ.

(3) リボソームにおける 3 ヶ所の tRNA 結合領域の名称を述べよ. ただし, 名称は省略形でないものとする.

(4) タンパク質をコードするいくつかの遺伝子の情報を含み, それぞれは自身のリボソーム結合部位で独立して翻訳される mRNA を何と呼ぶか. そのような mRNA は原核生物, 真核生物のどちらで主に見られるか.

問題 3 (配点率 30/100)

(1) DNA が遺伝物質であることを証明した歴史的な実験に関する下記の文章の(a) ~ (f)にあてはまる適切な語句を答えよ。ただし、(e)および(f)は元素名で答えよ。

1944年、アベリーらは「形質転換因子」の化学組成を決定する根拠となった実験結果を発表した。彼らは熱で死滅させたレンサ球菌から形質転換因子を精製した後、それを様々な酵素にさらした。その結果、(a), (b)あるいは(c)を分解する酵素で形質転換因子を処理しても形質転換因子の効果に影響はなかったが、(d)を分解する酵素は完全に形質転換因子の活性をなくした。

1952年、ハーシーとチェイスは有名な「ワーリング・ブレンダーの実験」を行った。彼らは、DNAを放射性の(e)で標識したT2ファージと、タンパク質を放射性の(f)で標識したT2ファージをそれぞれ用意した。標識したそれぞれのT2ファージを大腸菌に感染させしばらくした後、ワーリング・ブレンダーで攪拌し試料を遠心分離機にかけることでファージの殻と感染細胞を分離した。その結果、ほとんどの(e)の放射活性は感染細胞のペレットに存在し、(f)の放射活性のほとんどは上清に残った。さらに、(e)の放射活性は新しく増殖した次世代のT2ファージに受け継がれた。これらの歴史的な実験によりDNAが遺伝物質であることが示された。

(2) 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

計3,580個のヌクレオチドからなる二本鎖DNAがある。そのうち、820個がアデニンを含むヌクレオチドである。

- (A) この二本鎖DNAに含まれるピリミジンの数を答えよ。
- (B) この二本鎖DNAの相補鎖間の水素結合の数を答えよ。

(3) 制限酵素に関する以下の問いに答えよ。

- (A) 制限酵素の本来の生物学的役割を3行程度で説明せよ。
- (B) 6塩基を認識する制限酵素でランダムな配列を持つ長鎖DNAを消化した時に生じる断片の平均の長さを計算し塩基数(bp)で答えよ。なお、計算式も示すこと。

RNA に関する以下の問いに答えなさい。

- (1) miRNA が担っている生物学的な意義について 50 字程度で答えなさい。
- (2) siRNA が担っている生物学的な意義について 50 字程度で答えなさい。
- (3) miRNA や siRNA が作用する分子メカニズムについて、その共通性と異なる点を明記して説明しなさい。
- (4) レトロトランスポゾンの転移とレトロウイルスの増殖において、その共通性と異なる点を明記して説明しなさい。

生体膜及び膜タンパク質に関する以下の問いに答えなさい。

(1) 真核細胞の二重膜に含まれるリン脂質の種類が表と裏で異なることがよくある。新たなリン脂質は主として細胞のどの細胞小器官で合成されるか。また、どのようなメカニズムでこの非対称性が生じているか。100 字程度で説明しなさい。

(2) 膜タンパク質の流動性を測定・研究する一つの方法に蛍光褪色回復法(FRAP)がある。FRAP について 100 字程度で説明しなさい。図を用いても良い。

(3) (A) ~ (C) に適切な用語を記入しなさい。

イオンチャネルには 100 以上の種類があり、単純な生物でさえ多種類のチャネルを持っている。(A) チャネルでは、チャネルが開く確率が膜内外の電気化学的勾配によって調節されている。(B) チャネルでは、何らかの分子が結合することで開閉が調節されている。(C) チャネルでは、チャネルに加わる音の振動などに由来する刺激で開閉が調節されている。

問題 3

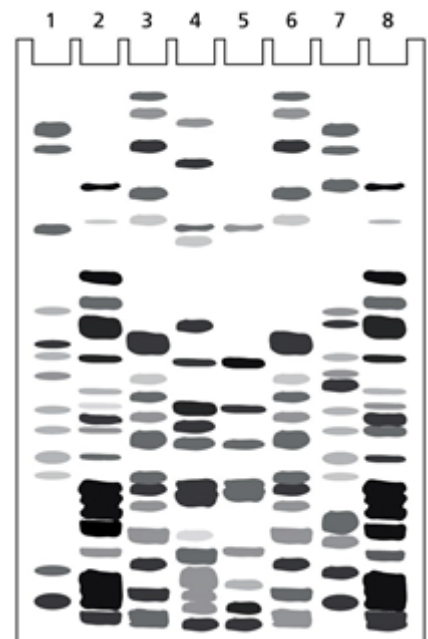
(配点率 34/100)

生命科学の研究で利用される解析技術やそれらによって得られた結果に関する以下の問いに答えなさい。

(1) 光学顕微鏡と電子顕微鏡を利用して生物試料を観察する際のそれぞれの長所と短所をあげて比較しなさい。

(2) ポリメラーゼ連鎖反応による DNA 増幅の原理について説明しなさい。

(3) 右図は、4組の双子から少量の血液を採取し、ゲノム DNA を抽出して制限酵素処理を行い、ゲル電気泳動をした後に、ハイブリッド形成プローブを使ってゲノムの様々な領域に散在する短い直列反復 (STR) を調べた結果である。なお、1 から 8 の各レーンに、それぞれの人からのサンプルがアプライされている。



Adopted from “Essential Cell Biology” 4th edition

A. 双子の組み合わせを全て答えなさい。

B. 一卵性双生児はどれか。

C. 今一組の両親がいる。どの双子の両親かを判定する方法を説明しなさい。

(4) F_0F_1 ATP 合成酵素は、ミトコンドリア内膜の内外に形成される H^+ 勾配によって生じる駆動力を用いて ADP とリン酸から ATP の合成を行う酵素である。 F_0F_1 ATP 合成酵素 1 分子を基板上に固定し、その F_1 部位に力を加えて回転させると、 H^+ 勾配がなくても ATP が生成した。以下の問いに答えなさい。

A. タンパク質 1 分子を力学的に操作するにはどのような方法が考えられるか。

B. この結果をもとに H^+ 勾配が果たす役割について考察しなさい。

C. この結果の科学的な重要性について自らの考えを論述しなさい。