

令和4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 34/100)

細胞膜を構成する脂質二分子膜について、以下の問いに答えなさい。

- (1) 脂質二分子膜に関して、構成する分子の総称を 2 つ答えなさい。
- (2) (1)で回答した分子に共通した性質を 100 字以内で簡潔に答えなさい。
- (3) トリアシルグリセロールの一般式を書きなさい。また、脂質二分子膜にほとんど含まれない理由を 100 字以内で簡潔に答えなさい。
- (4) 脂質二分子膜の流動性は温度によって変わる。流動性を制御する要因を 2 つ答えなさい。また、記述した要因がなぜ流動性を変化させるのか 100 字以内で簡潔に答えなさい。
- (5) 肺サーファクタントとして働く主な脂質の名称を記しなさい。
- (6) 肺呼吸について、(5)で回答した脂質の役割を含めて、以下の語句を用いて 150 字程度で簡潔に説明しなさい。

【無極性・極性・肺胞の表面積・肺胞の容積・空気側・細胞側】

問題2 (配点率 33/100)

クエン酸サイクルはアセチル CoA を出発物質とする循環型の (A) 連反応である。クエン酸サイクルを一回りすると (B) 分子の CO_2 が生成することから、見かけ上クエン酸サイクル一回りでアセチル CoA のアセチル基が CO_2 に酸化されているように見える。しかしこれは (ア) 出発物質のアセチル CoA のアセチル基が一回りで酸化されているわけではない。

クエン酸サイクルを一回りし、アセチル基が CO_2 に酸化するために取出された電子 (C) 対のうち (D) 対は (E) を (F) に還元し、(G) 対は FAD を FADH_2 に還元する。このようにアセチル基の酸化で得られるギブス自由エネルギーの大半は、還元型補酵素に蓄えられるが、一部は (H) として回収される。(イ) 還元型補酵素に蓄えられた電子は、ミトコンドリアで O_2 に移るとき、ATP を生産するエネルギーとなる。

- (1) 上記の文章内の(A~D, G)に数字を (E, F, H) に適切な語句を入れなさい。
- (2) 下線 (ア) でアセチル CoA 由来のアセチル基が完全に酸化されるためにはクエン酸サイクルを何周する必要があるか、理由とともに 100 字程度で答えなさい。
- (3) エネルギー需要に応じてクエン酸サイクルの触媒能を調節するメカニズムを 3 つ答えなさい。
- (4) 下線 (イ) について、還元型補酵素に蓄えられた電子を O_2 に移す過程を何というか。また、この過程の生物学的意義について「マトリックス」「膜間部」という言葉を使って 100 字程度で答えなさい。

問題 3 (配点率 33/100)

物質の輸送に関する以下の設問(1), (2)に答えなさい。

(1) ある反応系の反応前後でのエンタルピーとエントロピーを以下に示す。

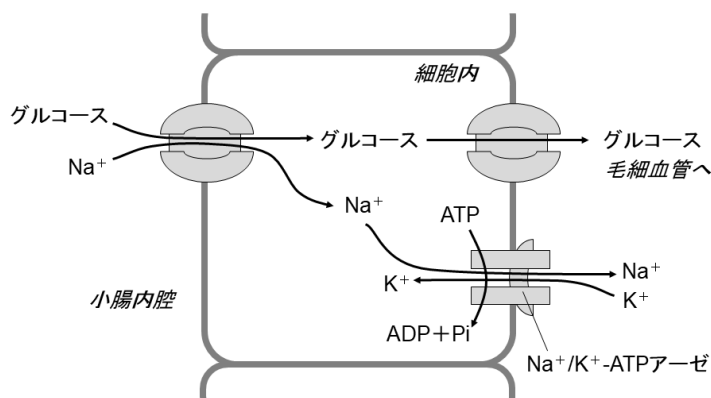
	H (J/mol)	S (J/K/mol)
反応前	54,000	22
反応後	60,000	43

1) 温度が 4°C と 37°C のときの反応のギブズエネルギー変化をそれぞれ計算しなさい。

2) 4°C と 37°C の反応が自発的に進むかどうかそれぞれ答えなさい。

3) 定温、定圧下で Na^+ イオンが細胞膜を通過するとき、ギブズエネルギーの変化に影響を与える要素を 2 つ答えなさい。

(2) 下図は小腸の刷子縁細胞におけるグルコース輸送を示している。



(ヴォート基礎生化学第 5 版 図 10・22c を改変)

1) Na^+/K^+ -ATP アーゼの輸送形態を対向輸送 (もしくはアンチポート) と呼ぶ。これに対して、小腸内腔側と毛細血管側に位置するグルコース輸送体が行う輸送系の名称をそれぞれ答えなさい。

2) 細胞内の ATP 供給が失われると、細胞内のグルコース濃度はどのような影響を受けるか。理由とともに 200 字以内で述べなさい。

微生物学

問題 1. (配点率 40/100)

真核生物では、転写後の RNA プロセッシングで完成した mRNA がつくり出される。

下記の問いに答えなさい。

- (1) 下記の文章の (a) ~ (e) にあてはまる適切な語句を答えなさい。また、(f) の構造を図示しなさい

真核生物の mRNA の 5'末端にあるヌクレオチドは、そのヌクレオチドと 5'-5'間の (a) 結合を介して、(b) を持っている。この (b) は、特殊な (c) 酵素により、一次転写産物に付加される。次に、(d) 酵素が (b) の塩基を (e) 化し、(f) を形成する。

- (2) ほとんどの真核生物の mRNA の 3'末端は、その大部分が A が連なるポリ A 尾部からなる。この尾部の付加には、2 段階の過程が必要である。この過程全体を 100 字以内で説明しなさい。

- (3) RNA スプライシングは、一次転写産物のイントロンを除去する。RNA スプライシングの仕組みについて、次の語句を全て使用し、200 字以内で説明しなさい。

使用語句：イントロン、エキソン、スプライス供与部位、スプライス受容部位、投げ縄状構造

- (4) 選択的スプライシングは、1 つの遺伝子が複数種の mRNA を生成するメカニズムである。この選択的スプライシングについて、100 字以上 200 字以内で説明しなさい。

問題 2. (配点率 30/100)

以下の問いに答えよ。

(1) 下記の文章の(a) ~ (h)にあてはまる最も適切な語句を答えよ。

大腸菌の遺伝子の水平伝達には3つの異なる様式, すなわち, 形質転換, (a), および (b) がある. (a) では, (c) と呼ばれる特殊なプラスミドのコピーが (d) を介した供与菌と受容菌の直接的な接触により伝達される. 受容菌に伝達された (c) はまれに受容菌の染色体に組み込まれることがあり, このような細菌株は (e) 株と呼ばれる. (e) 株は (c) に含まれる遺伝情報以外に自身の染色体上の遺伝子をさらに別の大腸菌に伝達することがある.

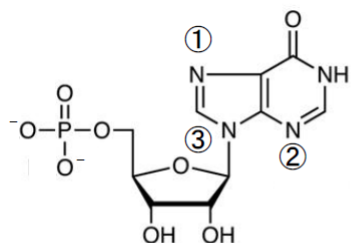
一方, (b) において遺伝子伝達を媒介するのは (f) である. (f) のゲノムもまた受容菌の染色体に挿入されることがあり, この現象は (g) と呼ばれる. このように受容菌の染色体に挿入された状態の (f) は (h) と呼ばれる.

(2) ある線状 DNA を *Bam*HI で切断すると 2.8 kb および 4.2 kb, *Eco*RI で切断すると 1.9 kb および 5.1 kb, *Hind*III で切断すると 0.7 kb, 2.1 kb および 4.2 kb の断片が得られた. また, *Bam*HI と *Eco*RI で二重消化すると 1.9kb, 2.3 kb および 2.8 kb, *Bam*HI と *Hind*III で二重消化すると 0.7 kb, 1.4 kb, 2.1 kb および 2.8 kb, *Eco*RI と *Hind*III で二重消化すると 0.7 kb, 0.9 kb, 1.2 kb, および 4.2kb の断片が得られた. 以上の情報をもとに制限酵素地図を作成せよ. なお, 各 DNA 断片の大きさも示すこと.

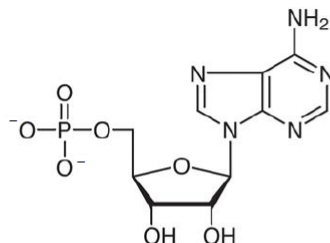
(3) どのコドンがどのアミノ酸をコードするかを明らかにするためにニーレンバーグとマッセイが行った実験の内容およびその結果はどのようなものか, 4行程度の文章で説明せよ.

問3. (配点率 30/100)

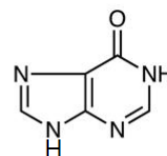
下記の文章を読み、解答せよ。



物質A



物質B



物質C

- 1) 物質A の名称を英語で記述しなさい。
- 2) 物質A で、①から③の番号を付した窒素原子が由来する物質名を英語で記述しなさい。
- 3) 物質A から物質C への変換に関わるプロセスについて、どのような酵素反応が関わっているかを2行程度で述べなさい。
- 4) 物質C から物質A への変換に関わるプロセスに関わる酵素の名前とその反応を示しなさい。
- 5) 物質B の生産はアスパラギン酸の影響を受ける。その理由を4行程度で説明しなさい。

分子細胞生物学

問題 1. (配点率 33/100)

細胞のシグナル伝達に関して以下の問いに答えなさい。

- (1) ヒトは血流中に、シグナル分子を放出して全身に情報を伝達している。このシグナル分子は一般になんとよばれているか答えなさい。また具体的な例を少なくとも1つあげなさい。
- (2) これよりも少し狭い範囲の伝達の場合、シグナル分子は血流中には入らず、細胞外液中を拡散するので、分泌した細胞の周辺だけにとどまり、近隣細胞にのみ働く。このシグナル伝達は一般になんとよばれているか答えなさい。また具体的な例を少なくとも1つあげなさい。
- (3) その他のシグナル伝達として、神経型シグナル伝達や接触型シグナル伝達が知られている。この接触型シグナル伝達は、どのようなときに用いられているか例をあげなさい。
- (4) 細胞外シグナルに対して細胞が応答する場合、早い応答と遅い応答をする場合がある。この早い応答と遅い応答では、細胞内シグナル伝達経路において一般にどのような差があるか、説明しなさい。
- (5) 細胞外シグナル分子が少ない時でも、十分に大きな細胞内応答を引き起こすためには、細胞内シグナル伝達経路においてシグナルを増幅する必要がある。細胞内シグナル伝達を担うタンパク質は原理的にどのようにして増幅をしているか説明しなさい。

問題 2. (配点率 33/100)

以下の問いに答えなさい。

- (1) 体細胞における相同組換えの生物学的意義について 50 字程度で答えなさい。
- (2) 生殖細胞における相同組換えの生物学的意義について 50 字程度で答えなさい。
- (3) 体細胞と生殖細胞で生じる相同組換えの分子メカニズムについて、その共通性と異なる点について説明しなさい。図を用いても良い。
- (4) 遺伝子機能研究に用いられている RNA 干渉法の原理と長短所を述べなさい。

問題 3. (配点率 34/100)

以下の文章を読み、問いに答えなさい。

活動電位が軸索の端にある神経末端まで到達すると、次には、末端が接触している標的細胞にシグナルを中継する必要がある。標的細胞は通常、ニューロンか筋細胞で、シグナルは (ア) という接合部を介してこれらの細胞に伝達される。ほとんどの (ア) では、情報を伝達する細胞 (イ) の膜と受け取る細胞 (ウ) の膜とが 20 nm 程度の狭い (エ) によって隔てられている。このため、電気シグナルは直接伝わらない。この (エ) を超えて情報を伝えるには、電気シグナルが (オ) という小型のシグナル分子、つまり化学シグナルに変換されて分泌される必要がある。(オ) は、最初は神経末端部分で膜につつまれた (カ) 内に蓄えられている。

活動電位が神経末端に到達すると、一部の (カ) は細胞膜と融合し、(オ) が神経末端から放出される。活動電位の到着と (オ) の分泌との連携には、もう一つの電位依存陽イオンチャネルの活性化が関わる。活動電位が到着し、神経末端の細胞膜が脱分極すると、(ア) 前神経末端の細胞膜に集中している電位依存 Ca^{2+} チャネルが一時的に開く。神経末端の外の Ca^{2+} 濃度は細胞質の遊離 Ca^{2+} 濃度の 1000 倍以上なので、 Ca^{2+} は開いたチャネルを通して神経末端にどっと流れ込む。細胞末端の細胞質 Ca^{2+} 濃度が上昇すると、即座に膜融合が引き起こされ、(オ) が放出される。こうして、電位依存 Ca^{2+} チャネルの働きにより、電気シグナルが化学シグナルへと変換されて (エ) に分泌されるのである。

- (1) 上記の文章中の (ア) から (カ) の用語を記しなさい。
- (2) (ア) の体積はおよそ $1 \mu\text{m}^3$ で (ア) 内の Ca^{2+} 濃度が 100 nM であり、(ア) の細胞膜上に 10 個の Ca^{2+} チャネルがあるとすると、(ア) 中の Ca^{2+} 濃度を $1 \mu\text{M}$ に上昇させるには、チャネルの開口時間はどの程度になるか。尚、細胞外の Ca^{2+} 濃度は 1 mM 程度とする。また、1 個のチャネルは 1 秒あたりに 10^6 個の Ca^{2+} を通過させると仮定する。
- (3) 神経細胞は細胞内外へのイオンの流入・流出によってその活動が制御されている。光遺伝学はそのような神経の活動を人為的に行うことが可能な実験手法として神経生物学のみならず生命科学研究に革命をもたらした。光遺伝学の原理を説明し、さらに光遺伝学を利用したリサーチプロポーザルを考案しなさい。