

専 門 科 目

生 物 機 能 工 学

注 意 事 項

- 1 試験開始の合図があるまで、この問題用紙を開いてはいけません。
- 2 問題用紙は6ページで、解答用紙は5ページあります。試験開始の合図があつてから確かめなさい。
- 3 監督者の指示に従い、解答用紙の各ページに受験番号を記入しなさい。氏名を書いてはいけません。
- 4 文字などの印刷に不鮮明なところがあつた場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
- 5 解答はすべて解答用紙に記入しなさい。ただし、「総得点欄」「採点欄」「得点欄」に記入してはいけません。
- 6 問題用紙の余白は下書きとして利用してかまいません。
- 7 試験終了後、配付された問題用紙は持ち帰りなさい。

問題用紙

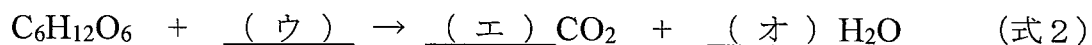
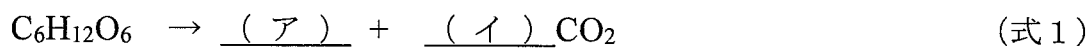
(生物機能工学)

問題 1

次の文章を読んで、下の問い（問1～5）に答えよ。計算を要する場合はその過程も解答欄に記載すること。原子量はそれぞれ C = 12, O = 16, H = 1 とする。

新潟県は日本酒の生産が盛んな土地である。日本酒はコメの糖化とアルコール発酵により得られる。日本酒の製造工程におけるアルコール発酵では、酵母のはたらきにより、グルコースはエタノールと二酸化炭素に分解される。酵母はアルコール発酵により得られるエネルギーを利用してグルコース1分子から2分子の ATP を生産している。一方、多くの生物が行う好気呼吸では、グルコースは二酸化炭素と水にまで分解され、グルコース1分子からアルコール発酵よりもたくさんの ATP が生産される。

問1 式1および式2は、それぞれアルコール発酵および好気呼吸に関する化学反応式を示している。(ア)～(オ)に適切な数値や化学式を入れて化学反応式を完成させよ。



問2 ある条件で酵母がグルコースを分解する量を酸素の消費と二酸化炭素の排出によって測定したところ、1時間で酸素 96 mg を消費し、二酸化炭素 264 mg を排出した。このとき、酵母は好気呼吸とアルコール発酵を同時に行っていたとする。アルコール発酵により1時間で分解されたグルコースは何 mmol か計算せよ。

問3 次の文章は、グルコースの分解過程を説明している。(カ)～(ス)に適切な語句を語群から選び記入せよ。ただし、同じ語は一度しか用いてはならない。

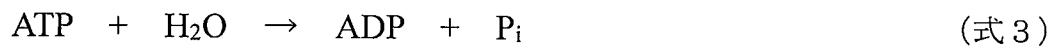
(カ)ではグルコースを(キ)分解し、得られるエネルギーの大部分を(ク)や熱として放出する。(ケ)ではグルコースを多段階の(コ)によって(サ)分解し、得られるエネルギーの一部を使って ATP を生産する。(シ)では、グルコースの分解過程において、(ス)を消費しない点がこれら二つの過程とは異なる。

語群： 光, 酸素, 窒素, ADP, NADH, 徐々に, 急激に,
燃焼, 光合成, 好気呼吸, アルコール発酵, 酵素反応,
免疫反応, チラコイド反応

問題用紙
(生物機能工学)

問4 アルコール発酵によるグルコースの分解において、得られたエネルギーの何パーセントが ATP の生産に用いられているか計算せよ。グルコースの分解にともなうエネルギー変化は -167 kJ/mol とし、ADP とリン酸から ATP を合成するためには $+30 \text{ kJ/mol}$ のエネルギーが必要であるとする。解答は四捨五入し整数で示すこと。

問5 熱力学的に起こりにくい反応に ATP の加水分解反応 (式3) を組み合わせると反応の平衡を大きく移動させることができる。ある生合成反応 $A \rightarrow B$ について次の問いに答えよ。反応は 25°C , pH 7.0 で起こっているものとする。



(1) $A \rightarrow B$ の反応に ATP の加水分解反応を組み合わせた際の平衡定数 K_{eq} を表す式を示せ。

(2) $[\text{ATP}] / [\text{ADP}] = 400$ であり、 $[\text{P}_i]$ が一定に保たれているとすると、 $[\text{B}]$ は $[\text{A}]$ の何倍になるか。

問題用紙

(生物機能工学)

問題 2

下の問い（問1～3）に答えよ。

問1 新型コロナウイルスに関する次の文章中の（ア）～（キ）にあてはまる最も適当な語句を語群から選び記入せよ。同じ語は一度しか用いてはならない。

日本で最初に特例承認された新型コロナウイルスワクチンは（ア）ワクチンである。従来のインフルエンザ等のワクチンが（イ）を接種し、（ウ）を産生させるのに対して、（ア）ワクチンでは、体内で（イ）を生成させるのが大きく異なっている。（ア）は細胞外で不安定であるため、この特例承認されたワクチンでは、（ア）を（エ）の中に入れることにより安定化している。

真核生物の細胞内では、核内にある（オ）から（ア）に情報が転写され、核外の（カ）で翻訳されて（キ）が合成されている。（ア）ワクチンはこの仕組みの一部を利用して細胞内で（イ）をつくる。

語群： DNA, tRNA, ウイルスベクター, mRNA, 抗原, 酵素, 抗体, 糖, 細胞膜, ゴルジ体, タンパク質, リボソーム, 脂質ナノ粒子, 金ナノ粒子

問2 タンパク質の構造に関する次の問いに答えよ。

(1) 次の文章中の（ク）～（ソ）にあてはまる最も適当な語句を記入せよ。化学式を用いてはならない。

タンパク質と、ポリエチレン等の合成高分子は、いずれも高分子に分類されるが構造上異なる点が多い。タンパク質では、（ク）が規則的に配列し、分子に方向性が（ケ）。一方、ポリエチレンは、一種類の（コ）が重合して出来ており、分子に方向性が（サ）。

タンパク質は、その主鎖が部分的に（シ）、（ス）に代表される特有の二次構造を形成する。次に分子鎖全体が折りたたまれて三次構造を形成する。その際に、球状タンパク質では、水中で安定化するため、（セ）水性の（ク）残基が内側に、（ソ）水性の（ク）残基が外側に配置される傾向がある。さらに、複数のタンパク質分子が会合して四次構造を形成する。

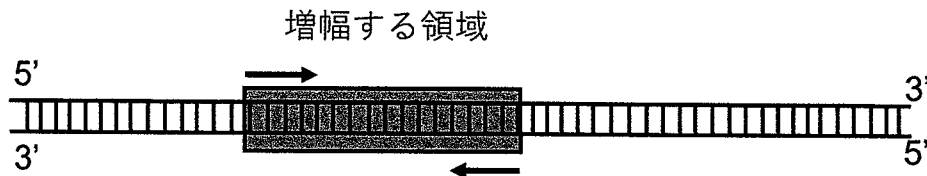
(2) 四次構造を形成するのに重要な役割を果たす非共有結合性相互作用を3つあげよ。

問題用紙

(生物機能工学)

問3 PCR法に関する次の問いに答えよ。

- (1) PCR法で遺伝子増幅を行う時は、まず、DNAの二重らせんを昇温して変性させ一本鎖にする。DNAの50%が変性する温度を融解温度 T_m という。 T_m は、DNAによって少しずつ異なるが、グアニン-シトシン対が多くなると上昇する傾向にある。その理由を、塩基間の水素結合に着目して説明せよ。
- (2) 一般に T_m は、用いる緩衝液の塩濃度を上げると上昇する。その理由を説明せよ。
- (3) 一般的なPCRでは、下図のように遺伝子的一部分を2つのプライマーを用いて増幅する。目的となるPCR産物のDNA二本鎖が最初に得られるのは何サイクル終了した時か答えよ。また、このDNA二本鎖はそのサイクル終了時におけるDNA二本鎖の総数の何%か答えよ。各サイクルの増幅効率は100%であるとする。



問題用紙

(生物機能工学)

問題 3

次の文章 A と B を読んで、下の問い（問 1～5）に答えよ。

A ニューロン（神経細胞）の細胞膜にはナトリウムポンプの（ア）輸送により、細胞外にナトリウムイオンが、細胞内にカリウムイオンが多いという濃度勾配が生じている。カリウムイオンは、ナトリウムイオンに比べると細胞膜を透過しやすいため、濃度勾配に従って、細胞（イ）へ拡散する。その結果、細胞（イ）の方が（ウ）の電荷を持ったイオンが多いため、細胞（イ）が（エ）、細胞内が（オ）の見かけ上安定した電气的状態となる。この細胞内外の電位差を静止電位と呼ぶ。

神経細胞に刺激が与えられると、細胞膜のナトリウムイオンの透過性が一時的に高まり、細胞（カ）のナトリウムイオンが細胞（キ）へ拡散する。その結果、細胞内外の電位差が逆転する。この電位変化を活動電位という。

神経繊維には、軸索の周りにシュワン細胞（神経鞘）と呼ばれる薄い膜状の細胞が何重にも巻き付いて形成された髄鞘がある有髄神経繊維と髄鞘がない無髄神経繊維があり、伝導速度は有髄神経繊維の方がはるかに大きくなる。

B イカから取り出された巨大軸索を用いた次の実験 1～5 を行った。

【実験 1】軸索を人工海水中に置き、軸索の内部に記録用電極を入れて、人工海水中に置いた電極との間の電位差（細胞内電位）を測定した。

【実験 2】実験 1 で見られる細胞内電位を、人工海水中のカリウムイオン濃度を変えた場合について測定した。

【実験 3】人工海水中に置いた軸索をある一定以上の強さで電気刺激したところ、細胞内電位に変化が見られた。

【実験 4】人工海水中のナトリウムイオン濃度を変えて実験 3 と同じ細胞内電位の変化を測定した。

【実験 5】軸索を人工海水中に置き、図 1 のように軸索の膜外の①と②に、それぞれ 2 つの電極を置き、矢印③に単一の刺激を与え、電極間の電位差を測定した。ただし、▼を基準に▽の電位を測定したものとする。

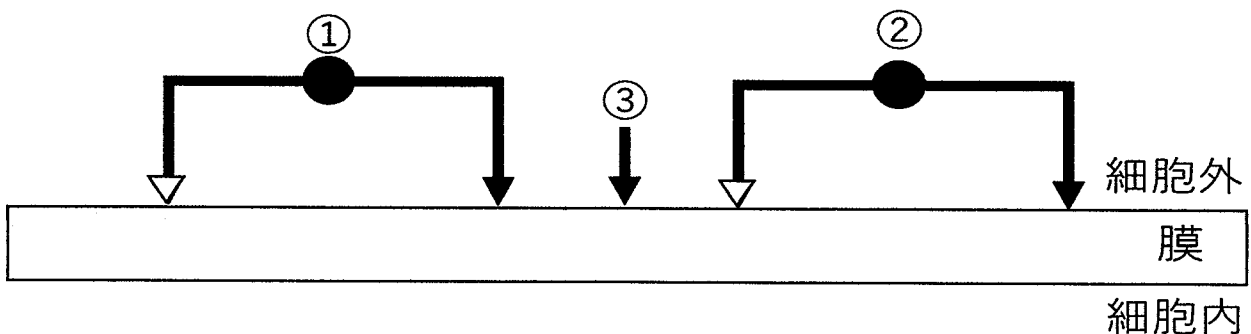


図 1

問題用紙

(生物機能工学)

問1 (ア)～(キ)に最も適当な語句を語群から選び記入せよ。なお、同じ語句を何度用いても良い。

語群： 能動, 受動, 正(+), 負(-), 内, 外

問2 下線について, 有髄神経の伝導速度が大きい理由を説明せよ。

問3 実験2の結果, どのような細胞内電位が記録されるか。図2のA～Dより選べ。

問4 実験4では電位変化のピーク時の細胞内電位を記録した。実験4を行った際のピーク時の細胞内電位を図3のA～Dより選べ。

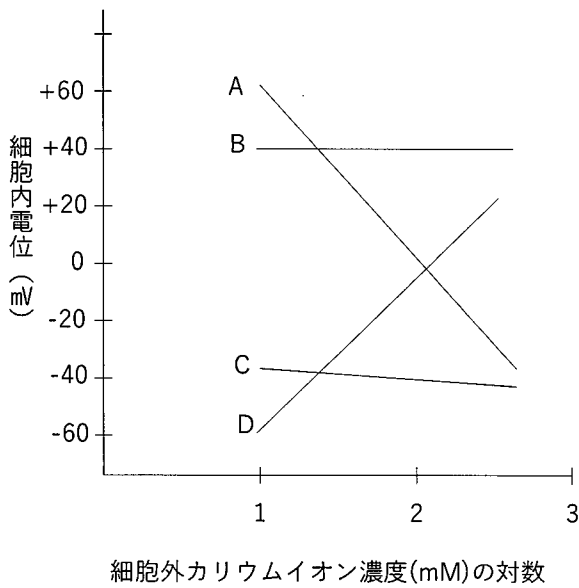


図2

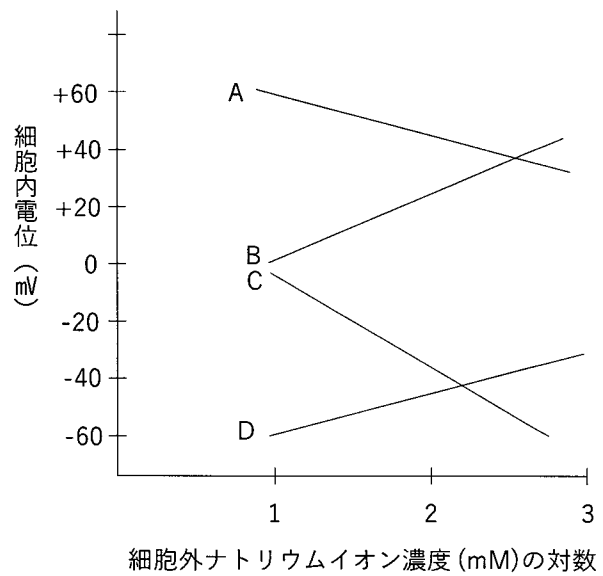


図3

問5 実験5において, ①および②では, それぞれどのような電位変化が観察されるか。図4のA～Dより選べ。

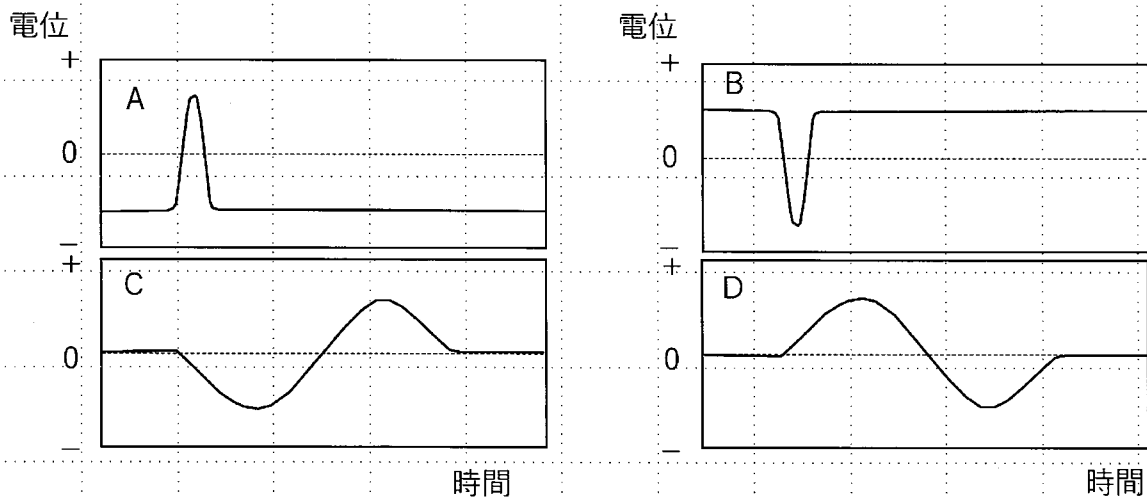


図4