

平成 27 年度博士前期課程入学試験問題

生物工学 I

基礎生物化学，生物化学工学から 1 科目選択

ただし，内部受験生は，生物化学工学を必ず選択すること。

解答には，問題ごとに 1 枚の解答用紙を使用しなさい。

受験番号	
------	--

基礎生物化学

問題 1. (配点率 25/100)

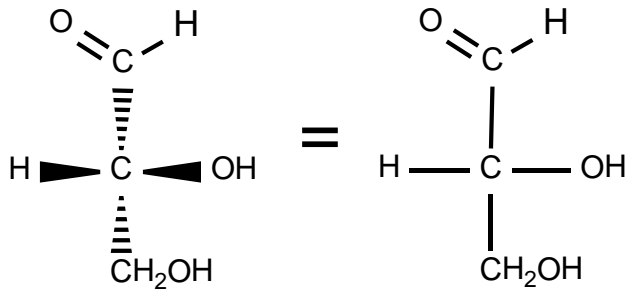
ある生体分子 A に関する以下の問いに答えなさい。

①Aは、②細胞膜の重要成分で、また③ステロイドホルモンや胆汁酸の前駆体でもある。A は生命に必須の成分だが、④Bに沈着すれば二大死因の心臓病と脳卒中を誘発する。健康体では、⑤Aの生合成、利用、輸送のバランスが巧妙にとられ、有害な沈着は最小に抑えられる。

- (1) 下線部①について、A の名称ならびに構造を示しなさい。
- (2) 下線部②について、A を含め、細胞膜の模式図を示しなさい。
- (3) 下線部③について、ステロイドホルモンの例を 2 つ挙げ、それらの名称ならびに機能を記しなさい。
- (4) 下線部④について、B の名称を答えなさい。
- (5) 下線部⑤について、A の生合成の律速酵素の名称を答えなさい。この律速酵素は、A の生体内濃度により制御を受ける。その機構を 200 字程度で記しなさい。

問題 2. (配点率 25/100)

(1) 糖の表記方法には、Haworth 式、Fischer 投影式、立体構造式と各種あるが、線状構造の単糖を表記する際には、Fischer 投影式が一般的であり、以下に示すような関係にある。



- 1) D-マンノースの線状構造を Fischer 投影式で示しなさい。
 - 2) 記号 D が意味するところを、1)の線状構造を用いて説明しなさい。
 - 3) D-マンノースは、水溶液中では、ごくわずかしか線状構造で存在せず、大部分は環状構造で存在する。環状構造は何種類あるか、答えなさい。
 - 4) D-マンノースの結晶を水に溶かしておくと、比旋光度が時間とともに変化し、ある一定の値に収束する現象が見られる。この現象を何と呼ぶか答えなさい。
 - 5) このような現象を示す理由を、立体構造式、並びに線状構造を示して、具体的に説明しなさい。
- (2) 糖質に関する以下の設問に答えなさい。
- 1) アルドースとケトースの違いは何か述べなさい。
 - 2) D-グルコースに由来するアルドン酸、ウロン酸の構造を示しなさい。
 - 3) ラクトースは還元糖であるが、スクロースは非還元糖である。スクロースが還元糖ではない理由を述べなさい。
 - 4) 構造多糖に属する代表的な多糖の名称を記し、その構造について説明しなさい。

問題 3. (配点率 25/100)

- (1) 20 種類の標準アミノ酸の中で、 γ -カルボキシ基をもつアミノ酸は何か答えなさい。また、その構造を示しなさい。
- (2) Anfinsen はタンパク質の立体構造がその一次構造により自動的に決まることを実験的に初めて証明したが、それはどのような実験であったのか説明しなさい。
- (3) 5つのタンパク質 A—E の分子量、等電点、オリゴマー構造を下に示す。これらのタンパク質について、以下の問いに答えなさい。

タンパク質	分子量	等電点	オリゴマー構造
A	40,000	7	モノマー
B	10,000	8	モノマー
C	60,000	3	ホモダイマー
D	15,000	9	モノマー
E	80,000	5	ホモテトラマー

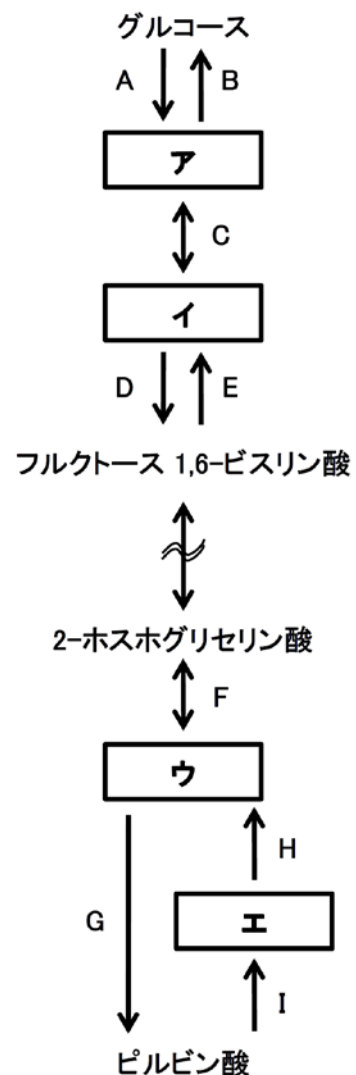
- 1) pH 6 で陽イオン交換カラムに吸着しないと予想されるタンパク質はどれか答えなさい。また、その理由を述べなさい。
- 2) SDS ポリアクリルアミドゲル電気泳動で、ゲル中を最も遅く移動するタンパク質はどれか答えなさい。また、その理由を述べなさい。なお、泳動は pH 9 で負から正の方向に行うものとする。
- 3) タンパク質 A—E の混合物をゲルろ過カラムで分離した時、タンパク質はどのような順番でカラムから溶出すると期待されるか答えなさい。また、その理由を述べなさい。

問題 4. (配点率 25/100)

次の文章を読み、下記の問いに答えなさい。

解糖系はグルコースをピルビン酸に分解する経路である。一方、糖新生は解糖系の逆経路で、ピルビン酸から糖質を合成する同化経路である。糖新生の反応は基本的には解糖系の逆の道筋をたどって進行するが、①いくつかの不可逆なステップがあるので、全くの逆反応とはなっていない。糖新生が止まると解糖系も止まってしまうのでは生体にとって不都合であり、②部分的に別反応が存在して生体の必要な方向に経路を進めることができるのは都合の良い仕組みである。しかし、解糖系と糖新生が同時に進行した場合に、エネルギーを無駄に使うことになってしまうので、③両者の間には厳密な制御機構が存在する。

- (1) 右図は解糖系と糖新生の経路を比較したものである。
ア～エの代謝物名を答えなさい。
- (2) 下線①の不可逆なステップの反応を触媒する酵素のうち、B、E、H、Iの酵素名を答えなさい。
- (3) 下線②について、異化と同化が別経路である例を解糖系-糖新生以外で1つ挙げなさい。
- (4) 下線③について、酵素 D のアロステリックな制御に関与する活性化因子と不活性化因子をそれぞれ挙げ、解糖系と糖新生をどのように調節しているかを簡潔に説明しなさい。

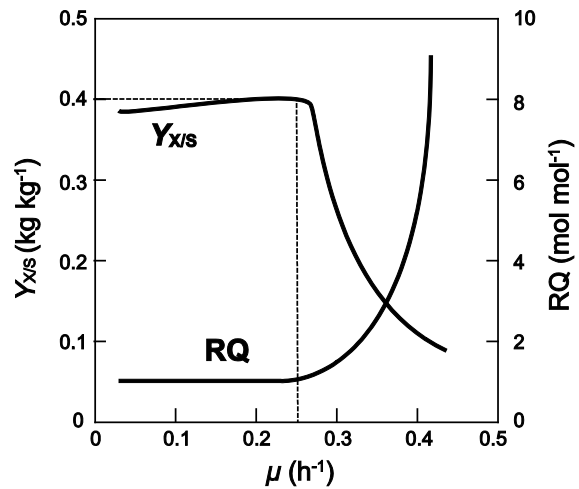


生物化学工学

問題 1. (配点率 33/100)

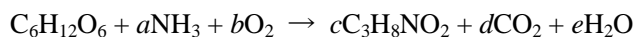
右図は、グルコースを制限基質としたパン酵母の好気培養において、比増殖速度 μ (h^{-1}) と種々のパラメーターの関係を示したものである。図に示すとおり、 μ がある一定の値を超えて大きくなると、増殖収率 $Y_{X/S}$ (kg kg^{-1})が低下し、呼吸商 RQ (mol mol^{-1})が上昇する。

以下の問いに答えよ。



(1) 呼吸商の定義を 50 字程度で説明せよ。

(2) 図の破線で示すように $\mu = 0.25 \text{ h}^{-1}$ で培養を行ったところ、増殖収率 $Y_{X/S}$ は 0.4 kg kg^{-1} で最大となった。このとき得られた菌体の組成は、元素分析の結果より $\text{C}_3\text{H}_8\text{NO}_2$ と求められ、培養の化学量論式は、下式のように表された。



$a \sim e$ の各量論係数を求めよ。また呼吸商はいくらになるか答えよ。

(3) 下線部の現象が起こる理由をパン酵母の代謝の流れの変化に基づき、300 字程度で説明せよ。

問題 2. (配点率 33/100)

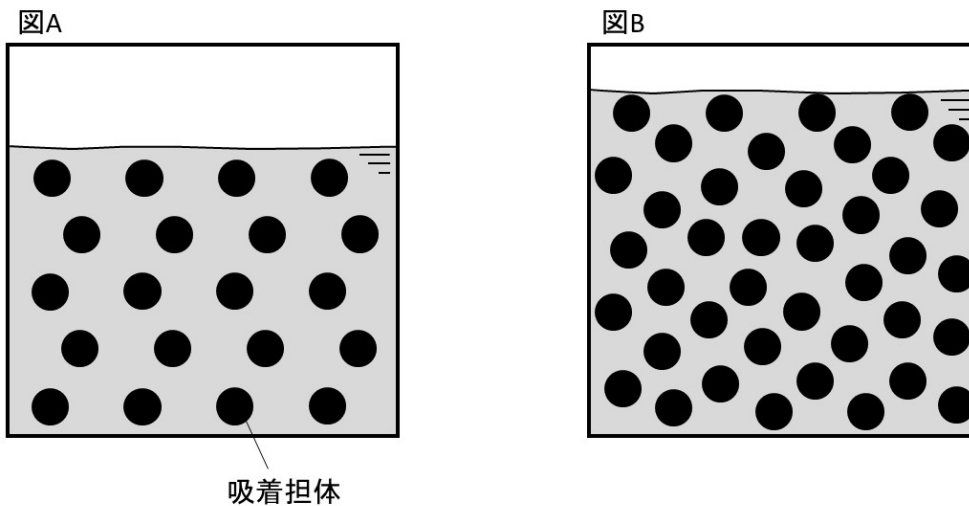
攪拌槽型連続培養装置（完全混合）にて菌体の生産を行う。いま、菌体の増殖は、グルコースを唯一の制限基質とした Monod 式に従うとし、最大比増殖速度 $\mu_m = 2.5 \text{ h}^{-1}$ 、飽和定数 $K_S = 1.0 \text{ kg m}^{-3}$ 、菌体対糖収率 $Y_{X/S} = 0.50 \text{ kg kg}^{-1}$ として、以下の問いに答えよ。

- (1) 連続培養操作には、ケモスタットおよびタービドスタットが知られている。これらの制御法について、合わせて 100 字程度で説明せよ。
- (2) 流入速度 $F = 4.0 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ 、流入菌体濃度をゼロ、流入グルコース濃度 $S_{in} = 24.0 \text{ kg m}^{-3}$ の条件で、連続培養を行ったところ、定常状態時には、出口の菌体濃度 $X_{out} = 10.0 \text{ kg m}^{-3}$ となった。培養槽内のグルコース濃度 (S)、希釈率 (D) ならびに培養槽内の液量 (V) を求めよ。本培養中、菌体対糖収率は一定で、グルコース以外の成分は制限されていないとする。
- (3) 菌体の増殖特性および培養槽への制限基質に対する流入条件が同じ場合、菌体生産速度 (DX) が最大となるような培養槽内の液量 (V_1) を求めよ。
- (4) 上述で求めた培養槽内の液量をより少なくすると、培養装置内の菌体濃度がゼロとなる。この現象の名称を示せ。また、その際の培養槽内の液量 (V_{crit}) を求めよ。

問題 3. (配点率 34/100)

溶液中に初期濃度 $C_{L,0}$ (kg m^{-3}) で存在する目的物質に対して、担体を投入して回収するプロセスを考える。ここで、担体および溶液は容器内に均一に存在しているとする。また、溶液体積が全体積（溶液体積と担体体積の和）に占める割合を ε (-) とし、溶液体積に対する担体体積の比 $H = (1 - \varepsilon)/\varepsilon$ とする。

- (1) 平衡に達した段階における溶液中の目的物質濃度を $C_{L,e}$ (kg m^{-3})、担体内の単位体積当たりの量（担体内のみかけの目的物質濃度）を $C_{S,e}$ (kg m^{-3}) とし、目的物質の担体へのみかけの分配係数を K (-) とすると、 $C_{S,e} = KC_{L,e}$ と表される。この時、目的物質が溶液中に存在する分率 R (-) を、 K と H (-) を用いて表せ。また、 $C_{L,e}$ は $C_{L,0}$ の何倍となるか求めよ。
- (2) より高い回収率を得るため、図 A の状態から図 B の状態のように、溶液体積は変化させず、担体体積を 2 倍投入する場合を考える。ここで、状態 A において平衡状態に達した際の溶液中の目的物質濃度を $C_{L,eA}$ (kg m^{-3})、状態 B における同濃度を $C_{L,eB}$ (kg m^{-3}) とする。 $C_{L,eB}$ は、 $C_{L,eA}$ の何倍になるか求めよ。



- (3) 図 A のプロセスにおいて回収された溶液を、再度、図 A と同等のプロセスにて処理する場合を考える。平衡状態に達した際の溶液中の目的物質濃度 $C_{L,eA2}$ (kg m^{-3}) は $C_{L,eA}$ の何倍になるか。
- (4) 上記の(2)および(3)で実施した回収プロセスにおいて、最終的な溶液中の目的物質濃度を低下させる操作は、何れであるか理由を挙げて答えよ。