

平成 29 年度 大学院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。

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	
------	--

## 基礎生物化学

### 問題 1. (配点率 33/100)

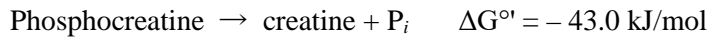
生体エネルギーと熱力学に関する以下の間に答えなさい。

(1) 細胞内の反応における ATP 加水分解時の実際の自由エネルギー変化( $\Delta G$ )が標準自由エネルギー変化( $\Delta G^\circ$ )と異なるのはなぜか 100 文字以内で簡単に説明しなさい。

(2) 次の反応の標準自由エネルギー変化はいくらか答えなさい。



ただし、下記の反応の標準自由エネルギー変化が与えられている。



(3) ATP の加水分解は負の自由エネルギー変化を伴う。それにもかかわらず、ATP が水溶液中で安定に存在できるのはなぜか 50 文字以内で答えなさい。

(4) 吸エルゴン反応と共役して ATP から ADP が生成する場合、ATP の加水分解ではなく ATP から他の基質にリン酸基が転移している事が多い。これはなぜか 100 文字程度で説明しなさい。

(5) ATP の加水分解の標準自由エネルギー変化( $\Delta G^\circ$ )は、 $-30.5 \text{ kJ/mol}$  である。ATP と ADP と  $\text{P}_i$  をそれぞれ 1 M ずつ混ぜて  $\text{ATP} \rightarrow \text{ADP} + \text{P}_i$  の反応が平衡になるまで待ったとする。その際、ATP、ADP、 $\text{P}_i$  おおのこの濃度は、1 M より高いか低いかわか答えなさい。

(6)  $\text{A} + \text{B} \rightarrow \text{C} + \text{D}$  という反応において、平衡定数( $K_{\text{eq}}$ ) が大きい時、この反応の標準自由エネルギー変化( $\Delta G^\circ$ )についてどのようなことが言えるか、 $K_{\text{eq}}$  と  $\Delta G^\circ$  の関係に基づいて説明しなさい。

問題 2. (配点率 33/100)

(1) 天然に最も多量にある 2 糖は、スクロース (ショ糖) であり、植物のなかでは主としてこの形として運ばれる。

- 1) スクロースの構成単糖の名前と構造を示しなさい。構造は、構成単糖の線状構造を、フィッシャー投影式で示しなさい。
- 2) スクロースの構造を示しなさい。構造は、ハース投影式で示しなさい。
- 3) スクロースは、一般的な単糖や 2 糖とは異なり、還元性を示さないことが知られている。還元性を示さない理由を 50 文字以内で答えなさい。

(2) 多糖はグリカンと総称し、単糖がグリコシド結合で多数結びついたものである。

- 1) ヒアルロン酸の構成単糖について、その名前と構造を示しなさい。構成単糖の構造は、その環状構造を立体構造式で示しなさい。
- 2) セルロースは、単一種の単糖が同一の結合様式により多数繋がった多糖である。その構造について、単糖 2 個からなる部分構造を、立体構造式で示しなさい。

問題 3. (配点率 34/100)

光合成に関する以下の問いに答えなさい。

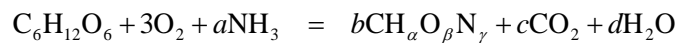
- (1) 「赤潮」は、ある種の藻類が大量発生して海水を赤く染める現象である。この藻類の光合成色素の主成分のスペクトル特性について 50 字程度で説明しなさい。
- (2) 明反応で生じるエネルギー物質を二つ示し、それらの生成機構をそれぞれ 100 字程度で記しなさい。
- (3) カルビンサイクルでは、1 分子のグリセルアルデヒド 3-リン酸が生成されるのに何分子の  $\text{CO}_2$  が必要か？ カルビンサイクルの一部を図示し、100 字程度で説明しなさい。
- (4) 細胞内の酸素分圧が大きくなると、光合成の暗反応はどのような影響を受けるか。100 字程度で説明しなさい。

## 生物化学工学

### 問題 1. (配点率 34/100)

グルコースを単一炭素源、アンモニアを単一窒素源とした合成培地による通気攪拌培養槽を用いた微生物 X の好気条件下における回分培養を行った。下記の問題に答えよ。なお、計算の過程も示すこと。

- (1) 回分培養終了後、菌体構成成分の元素分析を行った。その結果、乾燥菌体 100 g 中には炭素 49.0 g、酸素 22.4 g、窒素 9.80 g を含んでいた。別途、乾燥菌体 50.0 g を高熱をかけて処理し、有機物を分解させた結果、灰分（強熱残渣）として 5.90 g が得られた。以上より、菌体の元素構成比 ( $\text{CH}_\alpha\text{O}_\beta\text{N}_\gamma$ ) を求めよ。
- (2) 微生物 X は、回分培養中に菌体以外の生産物は生産していなかった。この回分培養における培養全体における酸素消費を算出して、以下の物質収支式を得た。上記(1)にて求めた菌体の元素構成比を用いて、下記の化学量論式中の  $a$  から  $d$  を求めよ。



- (3) 上記の培養において、培養開始後、12 時間目における窒素源の消費速度を pH 調整に用いたアンモニア溶液の消費速度から推定したところ、 $1.36 \text{ g-NH}_3 \text{ h}^{-1} \text{ L}^{-1}$  の値が得られた。この時の菌体の増殖速度 ( $\text{g-dry-cells h}^{-1} \text{ L}^{-1}$ ) を求めよ。

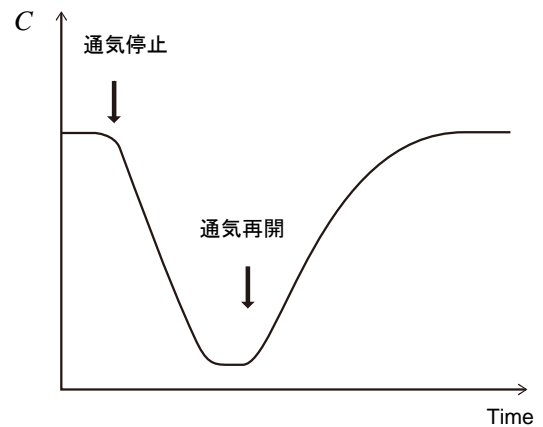
問題 2. (配点率 33/100)

ある微生物を空気通気下で好氣的に回分培養する。以下の問いに答えよ。解答には、以下の記号を適宜用いること。

- $C^*$ : 飽和溶存酸素(DO)濃度
- $C$ : 培養液中の溶存酸素濃度
- $C_{crit}$ : 微生物が利用できる溶存酸素濃度の最低限度値
- $X$ : 培養液中の微生物の細胞濃度
- $Q_{O_2}$ : 単位微生物量あたりの酸素消費速度
- $k_{La}$ : 酸素移動容量係数

(1) 培養槽中の溶存酸素濃度の変化速度 ( $dC/dt$ ) を表す式を記せ。

(2) 培養中、一時的に通気攪拌をとめると図のように  $C$  は直線的に低下し、その後、通気攪拌を再開すると再び上昇する。この操作を行ったときの  $C$  の実測値の変化より、 $Q_{O_2}$  と  $k_{La}$  を求める方法を上で求めた式を用いて説明せよ。



(3) 測定の結果、 $k_{La} = 30 \text{ h}^{-1}$ 、 $Q_{O_2} = 0.16 \text{ mmol g-dry-cells}^{-1} \text{ min}^{-1}$ と求められた。また、この微生物の  $C_{crit}$  は  $4 \text{ } \mu\text{mol L}^{-1}$ であることがわかっている。

- 1) 空気通気下での  $C^*$  を  $0.2 \text{ mmol L}^{-1}$  とすると、この培養槽中で呼吸を維持できる菌体濃度  $X$  ( $\text{g-dry-cells L}^{-1}$ ) の最大値はいくらになるかを求めよ。解答には計算の過程も示すこと。
- 2) 通気ガスを空気から純酸素に切り替えた場合、呼吸を維持できる菌体濃度  $X$  ( $\text{g-dry-cells L}^{-1}$ ) の最大値はいくらになるかを求めよ。解答には計算の過程も示すこと。

問題 3. (配点率 33/100)

精密分離の一つである吸着カラムクロマトグラフィーは、化学や製薬などの産業における分離・精製工程や化学分析の際に広く活用されている。カラムクロマトグラフィーに関する問いに答えよ。

- (1) 一定条件下（圧力、温度、溶媒など）にて、ある担体に対する溶質（成分 A および成分 B）の分配係数を測定したところ、それぞれ、 $K_{dA} = 10$  および  $K_{dB} = 5$  であった。同一条件下にて、成分 A と B を分離する際、どちらの成分が長い保持時間となるか答えよ。
- (2) 担体を充填したクロマトカラム内において、移動相に存在する溶質の割合  $R$  を、カラム内の空隙率  $\varepsilon$  と溶質の分配係数  $K_d$  を用いて表せ。
- (3) 上記と同じ条件下にて、移動相の体積流量を  $Q_m = 1.0 \text{ mL s}^{-1}$  とし、成分 A および成分 B の溶質を投入し、成分 A 濃度が最大となる保持時間を  $t_{rA} = 400 \text{ s}$  としたい。カラム内の担体の空隙率を  $\varepsilon = 0.2$  にて充填できたとすると、カラム全体の体積  $V_c$  はいくらとなるか求めよ。また、その時の成分 B の濃度が最大となる保持時間  $t_{rB}$  を求めよ。
- (4) 図に示すような、成分 A に対する溶質濃度曲線が得られた。ここで、この変化は、正規分布に従うとする。図解法にて、成分 A に対し、本カラムにおける理論段数の求め方を、解答用紙に図示して説明せよ。

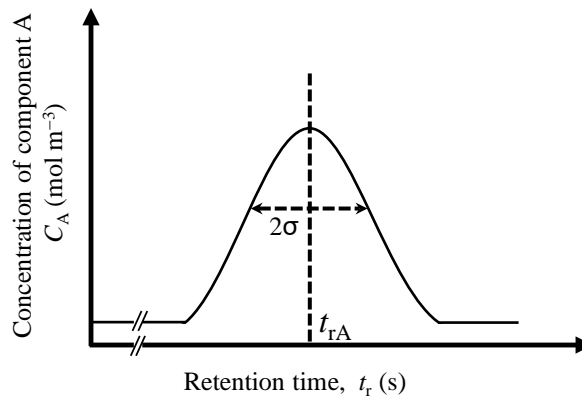


図 保持時間に対する溶質の濃度変化  
ここで、 $\sigma$ は標準偏差を示す。