

広島大学大学院統合生命科学研究科 博士課程前期一般入試  
数理生命科学プログラム

専 門 科 目

2025 年 8 月 26 日 11:00～12:30

注 意 事 項

- (1) 以下の用紙が配付されているので、確認しなさい。
- |             |      |
|-------------|------|
| 問題用紙（表紙を含む） | 12 枚 |
| 解答用紙（表紙を含む） | 4 枚  |
| 下書き用紙       | 1 枚  |
- (2) 問題は、化学、生物学、数学、物理学分野から合計 11 題ある。これらの中から 3 題を選択し、解答せよ。
- (3) 解答用紙の表紙に受験番号と選択した問題の番号を記入せよ。
- (4) 解答は問題ごとに別々の解答用紙を用い、それぞれの解答用紙に選択した問題番号と受験番号を記入し解答せよ。紙面が不足した場合は裏面を使用してもよい。
- (5) 解答用紙及び下書き用紙のすべてに受験番号を記入せよ。
- (6) 試験終了時には、すべての解答用紙および下書き用紙を提出すること。問題用紙は持ち帰ること。

## 問題 [ 1 ]

界面の熱力学に関する文章を読み、以下の問 1 ～問 7 に答えよ。

図 1 に示すようなマクスウェルの枠とよばれる実験装置がある。この装置には針金の枠に可動棒が載っており、その枠の中に石けん膜を張ることができる。この装置に張られた石けん膜が縮もうとしているとき、石けん膜の面積が一定となる平衡状態を維持するためには、可動棒が力  $F = L\gamma$  で石けん膜を引き続ける必要がある。このとき、 $L$  は可動棒と石けん膜が接触している長さ、 $\gamma$  は二分子膜の表面張力である。石けん膜は水を挟んだ石けん分子の二分子膜構造をもち、図 2 のシャボン玉はこの石けん膜に囲まれた気泡である。半径  $R$  のシャボン玉が図 2 に示した平衡状態にあるとき、表面張力でシャボン玉の内部の圧力  $P_{in}$  は外部の圧力  $P_{out}$  よりも高くなっている。この圧力差  $\Delta P = P_{in} - P_{out}$  は、ラプラス圧とよばれる。

- 問 1 図 1 のマクスウェルの枠において、可動棒を微小量  $dx$  だけ右側に動かす。このとき、可動棒がおこなう仕事  $dw_1$  を、石けん膜の微小な面積変化  $dA$  を用いた式で表せ。
- 問 2 問 1 の過程において、仕事がギブス自由エネルギー  $G$  の変化に等しいとみなす。また、分子間相互作用によって、 $\gamma > 0$  が成立する。このとき、自発過程では  $dA < 0$  になることを証明せよ。
- 問 3 問 2 で証明した結果から、シャボン玉が球形になる理由を説明せよ。
- 問 4 図 2 のシャボン玉の半径を  $dR$  だけ膨らませるために要する仕事  $dw_2$  を、微小な体積変化  $dV$  と微小な面積変化  $dA$  を用いた式で表せ。
- 問 5 問 4 の過程において、 $dV$  と  $dA$  を  $R$  と  $dR$  を用いた式で表せ。ただし、 $dR^2$  および  $dR^3$  は高次の微小量なので無視せよ。
- 問 6 問 4 と問 5 で求めた式を用い、平衡状態におけるラプラス圧について、 $\Delta P = 2\gamma/R$  となることを証明せよ。
- 問 7 細胞をリン脂質の二分子膜に囲まれた半径  $1\mu\text{m}$  の水泡とみなす。この二分子膜の表面張力を  $1\text{mN/m}$  とするとき、細胞のラプラス圧を求めよ。ただし、ラプラス圧の単位は  $\text{Pa}$  とする。

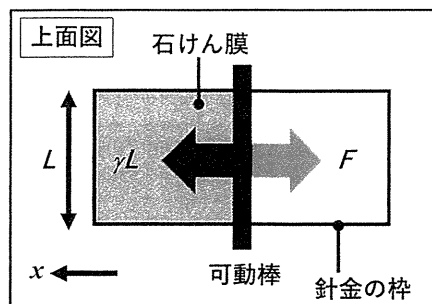


図 1

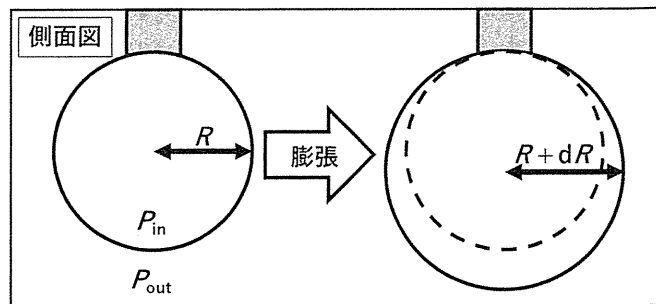


図 2

## 問題 [2]

タンパク質化学に関する以下の問1～問5に答えよ。

問1 以下の単語をすべて用いて、タンパク質のドメイン構造とサブユニット構造の違いを説明せよ。

四次構造, ポリペプチド, 独立

問2 タンパク質に熱が加わるとタンパク質構造はどのように変化するかを, 以下の単語をすべて用いて説明せよ。

$\alpha$ ヘリックス,  $\beta$ シート, 二次構造

問3 タンパク質構造の内側で形成される水素結合は, タンパク質構造の表面で形成される水素結合よりも安定な化学結合エネルギーをもつ。以下の単語をすべて用いて, その理由を説明せよ。

疎水環境, 水分子, 相対的

問4 以下の単語をすべて用いて, 共鳴ラマン効果とはどのようなものを簡潔に説明せよ。

電子遷移吸収帯, 振動モード, 散乱強度

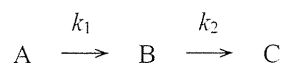
問5 振動分光法をタンパク質構造解析に適用する際に, ラマン分光法が優れている点について, 以下の単語をすべて用いて簡潔に説明せよ。

水, バックグラウンドシグナル, ラマン散乱

## 問題 [3]

次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

エチルアルコール A は人体内に吸収され、吸収されたエチルアルコール B は肝臓内の酵素により、アセトアルデヒド C に分解される。ここで A から B への反応は一次反応、B から C への反応は零次反応であり、この逐次反応は以下のスキームで表される。



ただし、反応前は  $[B] = [C] = 0$  とし、反応開始後に中間体である B が再びなくなった時点で反応終了とみなしてその時刻を  $t = t_e$  とする。

問1 この逐次反応における A, B, C それぞれの反応速度  $\frac{d[A]}{dt}$ ,  $\frac{d[B]}{dt}$ ,  $\frac{d[C]}{dt}$  を A の濃度

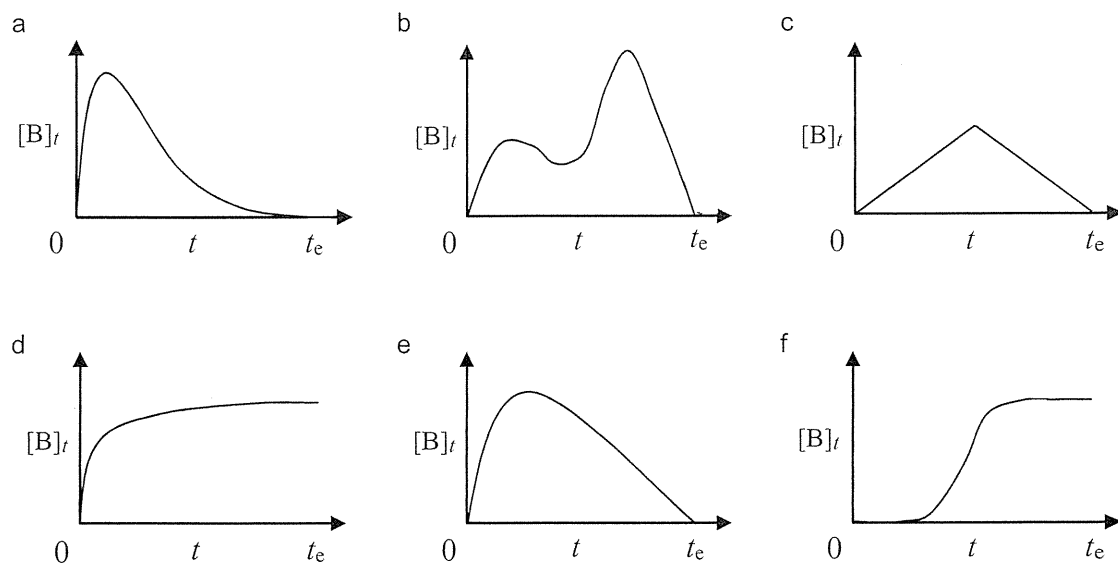
$[A]$  および反応速度定数  $k_1$ ,  $k_2$  を用いて表せ。

問2 問1で解答した微分方程式を解き、時刻  $t$  における A の濃度  $[A]_t$  を、A の初濃度  $[A]_0$  (時刻  $t = 0$ )、反応速度定数、および  $t$  を用いて表せ。

問3 時刻  $t$  における B の濃度  $[B]_t$  を、 $[A]_0$ 、反応速度定数、および  $t$  を用いて表せ。

問4 時刻  $t$  における C の濃度  $[C]_t$  を、反応速度定数、および  $t$  を用いて表せ。

問5 人体内への吸収反応の開始時刻  $t = 0$  から全反応の完了時刻  $t = t_e$  までの濃度  $[B]_t$  の経時変化を示すグラフを、次の a ～ f より選び、その記号を答えよ。



## 問題 [4]

以下の問 1 および問 2 に答えよ。

問 1 分子生物学で用いられる以下の(1)～(3)の用語について、カッコ内のキーワードをすべて用いて 100 字以上で説明せよ。同じ用語を何度用いてもよい。

- (1) クロマチン (ヒストン, DNA, アセチル化, 遺伝子発現, 核, ヌクレオソーム)
- (2) 選択的スプライシング (DNA, 転写, エキソン, イントロン, 多様性)
- (3) テロメア (染色体, テロメラーゼ, 反復配列, 寿命)

問 2 ある生物のゲノム上のある酵素をコードする遺伝子 A に遺伝子変異が起こったことを考える。以下の(1)～(3)の場合, 予想される可能性として, 遺伝子 A の生体における機能は亢進するか低下するかを理由とともに答えよ。

- (1) 転写活性化因子が結合する遺伝子 A の遺伝子調節領域に欠損が生じた。
- (2) 遺伝子 A のコード領域に終止コドンを導入する変異が起こり, 遺伝子 A からつくられる酵素の活性中心の一部が削除された。
- (3) 遺伝子 A の近傍に, 強力な転写抑制因子が結合する遺伝子調節領域が, トランスポゾンにより導入された。

## 問題 [5]

真核細胞における遺伝情報の発現に関する以下の文を読み、問1～問5に答えよ。

遺伝情報の発現の第一段階は DNA にコードされた情報を RNA へと写しとることであり、この過程を転写という。DNA と RNA を構成するポリヌクレオチド鎖はどちらも4種類のヌクレオチドが [ 1 ] とよばれる共有結合でつながった構造であるが、<sup>(A)</sup> 両者には化学構造に違いが二つある。

転写が開始するとき、RNA ポリメラーゼが転写の開始点を指示する [ 2 ] とよばれる DNA 領域に結合する。その後、RNA ポリメラーゼは DNA の二本の鎖を開いて一方を鋳型とし、相補的なヌクレオチドを取り込んで RNA を合成する。真核細胞では、RNA ポリメラーゼが正確な開始点から転写を開始するには、[ 3 ] が必要となる。

真核細胞では、<sup>(B)</sup> 核で合成されたメッセンジャーRNA 前駆体は、さまざまな修飾を受ける。その過程で、RNA スプライシングによりイントロンが除去され、5' 末端には [ 4 ]、3' 末端には [ 5 ] が付加される。DNA 上の遺伝子の多くはタンパク質のアミノ酸配列を指定するが、<sup>(C)</sup> 遺伝子の中には RNA が最終産物として機能するものもある。

問1 文中の [ 1 ] ～ [ 5 ] にあてはまる最も適切な語句を答えよ。

問2 下線部 (A) について、DNA と RNA の化学構造の違いを二つ説明せよ。

問3 以下のような塩基配列をもつ二本鎖 DNA の全長が、RNA ポリメラーゼにより左から右へ RNA に写しとられるとき、合成される RNA の塩基配列を答えよ。その際、5' 末端と 3' 末端の方向を明記すること。

5' - GGCACAAATTTTCTGTCAGCGGAGAGGGTGAAGG -3'  
3' - CCGTGTTTAAAAGACAGTCGCCTCTCCCACTTCC -5'

問4 下線部 (B) について、メッセンジャーRNA 前駆体を受ける修飾が RNA ポリメラーゼによる転写と密接に連携して行われるしくみを説明せよ。

問5 下線部 (C) について、RNA は通常一本鎖であるが、分子内塩基対の形成により折りたたまれて特定の立体構造をとることで触媒機能をもつものがある。このような触媒機能をもつ RNA のうち、遺伝子発現の過程に関与する RNA の種類を二つあげ、その触媒する反応を答えよ。

## 問題 [6]

RNA Sequencing (RNA-Seq) 法は、サンプル中にある RNA に関する情報を得るために次世代 DNA シークエンサーを使って塩基配列を解読する方法である。以下の問 1～問 3 に答えよ。

問 1 RNA-Seq 法が広く使われる以前に、網羅的に遺伝子発現を測定する目的で使われていた実験手法がある。その実験手法とは何か。その手法名と測定原理を説明せよ。

問 2 RNA-Seq 法は大きく分けてリファレンス配列ありとなしに分類される。それぞれの RNA-Seq データ解析手法に関して、よく使われるプログラム名をそれぞれ 1 つあげ、その特徴を説明せよ。

問 3 RNA-Seq 法では観測された転写産物のカウント数について

- ・転写産物の長さを 1 kb (1,000 塩基)
- ・全体のリード数を 100 万リード

とすることで各遺伝子の発現値を標準化している。

(1) この標準化した数の単位は何とよばれるか、その略称とともに答えよ。

(2) 次世代シーケンスの結果、リード数が 4000 万本得られ、塩基長が 10 kb の遺伝子 A のカウント数が 400 であった。遺伝子 A に対する(1)で答えた発現量の値はいくつとなるか。解答には計算式を含めよ。

## 問題 [7]

メンデル遺伝と遺伝情報の発現・伝達に関する以下の文を読み、問1～問6に答えよ。

メンデルは、エンドウに観察される7つの対立形質に着目し、それらの遺伝様式から分離の法則と独立の法則を導いた。前者は「草丈の長さ」など、1つの形質を決定する単一の遺伝子座における対立遺伝子の挙動を説明する。前者を拡張した後者は、「草丈の長さ」と「豆の形」など、異なる遺伝子座によってそれぞれ決定される複数の形質の遺伝を扱う。分離の法則は遺伝の本質を捉えているが、(A) 独立の法則は常に成り立つわけではない。

エンドウの草丈の長さを決定する遺伝子の実体は、メンデルの報告から100年以上の時を経て解明された。正常な草丈をもたらす対立遺伝子（野生型遺伝子）は、茎の伸長や花成、種子の発芽などを促進する 1 の合成酵素をコードする。一方、極端に短い草丈をもたらす対立遺伝子（変異型遺伝子）は、(B) 1アミノ酸残基の置換を伴う点突然変異を有する。このような変異はミスセンス変異とよばれ、タンパク質の機能に影響する場合がある。(C) 実際に、変異型酵素の活性は著しく低く、1 の欠乏が表現型変異の原因であることが示された。

1 の情報伝達は、下流の転写因子に結合した負の制御因子によって、通常は抑制されている。しかし、細胞内の 1 濃度が高まると、その受容体が 1 と結合することで負の制御因子と相互作用可能な状態となる。この相互作用を通じて、負の制御因子はプロテアソーム依存的に速やかに分解される。したがって、その情報伝達様式は、(D) 下流の情報伝達因子（タンパク質）を新たに合成したり、活性型に変換することで進行するような「活性化型」ではなく、「抑制解除型」である。

- 問1 文章中の 1 にあてはまる植物ホルモン名を次の中から1つ選び答えよ。  
オーキシン      アブシシン酸      ジベレリン      エチレン      サイトカイニン
- 問2 下線部 (A) に関して、異なる遺伝子座にある2つの遺伝子の間で独立の法則が成立するのは、一般にこれらの遺伝子がどのような関係にある場合か。考えられる関係を2つあげ、それぞれについて説明せよ。
- 問3 下線部 (B) に関して、この点突然変異は、当該アミノ酸残基を指定するコドンの何番目の塩基で生じた可能性が最も低いと考えられるか。理由とともに答えよ。
- 問4 下線部 (C) に関して、一般に、1アミノ酸残基の置換が酵素活性の著しい低下や失活を招く場合、変異前の残基は酵素機能の発現においてどのような役割を担っていると考えられるか。2つの可能性をあげ、それぞれについて説明せよ。
- 問5 下線部 (D) に関して、「活性化型」の情報伝達において、不活性な情報伝達因子が活性型に変換される分子レベルのしくみにはどのようなものがあるか。分子修飾と分子結合に着目し、それぞれについて一例を簡潔に答えよ。
- 問6 下線部 (D) に関して、「活性化型」と比較した場合、「抑制解除型」の情報伝達にはどのような利点があるか。考えられることのうち、1つについて理由を含めて説明せよ。



## 問題 [8]

領域  $D = \{(x, y) \in \mathbb{R}^2: \sqrt{x} + \sqrt{y} \leq 1, x \geq 0, y \geq 0\}$  における次の重積分

$$I = \iint_D x \, dx \, dy$$

について、以下の問 1 ～問 3 に答えよ。

問 1  $u = \sqrt{x}$ ,  $v = \sqrt{y}$  の変換を考える。

このとき、領域  $D$  に対応する  $(u, v)$  の領域  $D'$  を求めよ。

問 2  $I$  を  $u$  と  $v$  を用いた式に変換せよ。

問 3  $I$  の値を求めよ。

## 問題 [9]

$a, b$  を複素数,  $f(x) = ae^x \cos 2x + be^x \sin 2x$  ( $x \in \mathbb{R}, f(x) \in \mathbb{C}$ ) の作る線形空間を  $V$  とし,  $V$  の線形変換  $D: f \rightarrow f'$  を考える。ただし  $f'(x) = df(x)/dx$  とする。以下の問 1 ~ 問 3 に答えよ。

問 1 基底  $\{e^x \cos 2x, e^x \sin 2x\}$  に関する  $D$  の表現行列  $A$  が

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ -2 & 1 \end{pmatrix}$$

となることを示せ。

問 2  $A$  の固有値と固有ベクトルを求めよ。

問 3  $D$  の表現行列が対角行列になるような  $V$  の基底を定め, その基底に関する  $D$  の表現行列を求めよ。

## 問題 [10]

時刻  $t$  における物体の位置  $x(t)$  を定める運動方程式

$$m \frac{d^2x}{dt^2} = F\left(x, \frac{dx}{dt}\right) \quad (m \text{ は正の定数}) \quad (1)$$

を適当な初期条件のもとで数値的に解きたい。このためのプログラム設計に関する以下の問 1 ～問 4 に答えよ。

問 1  $v = \frac{dx}{dt}$  とする。式 (1) を、変数の組  $(x, v)$  に対する以下の形の 1 階の連立常微分方程式に書き直す。このとき、 $f(x, v)$ ,  $g(x, v)$  をそれぞれ求め、 $x$ ,  $v$ ,  $m$ ,  $F$  を用いて表せ。

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = f(x, v) \\ \frac{dv}{dt} = g(x, v) \end{cases} \quad (2)$$

以下の問いでは、 $F\left(x, \frac{dx}{dt}\right) = -kx$  ( $k$  は正の定数) とする。

問 2  $E = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2$  とする。任意の初期値について  $E$  は時間的に変化しないことを示せ。

問 3 式 (2) を時間方向に時間刻み  $\Delta t$  ( $> 0$ ) で以下のように離散化する。

$$\begin{cases} x_{i+1} = x_i + f(x_i, v_i)\Delta t \\ v_{i+1} = v_i + g(x_i, v_i)\Delta t \end{cases} \quad (3)$$

ここで  $x_i = x(i\Delta t)$ ,  $v_i = v(i\Delta t)$  ( $i = 0, 1, 2, \dots$ ) である。 $E_i = \frac{1}{2}mv_i^2 + \frac{1}{2}kx_i^2$  に対して、

$E_{i+1} - E_i$  を計算し、 $m$ ,  $k$ ,  $E_i$ ,  $\Delta t$  の他、必要な文字があればそれを用いて表せ。

$E_0 > 0$  の場合の  $\lim_{i \rightarrow \infty} E_i$  を調べよ。

問 4 式 (2) に基づく  $E$  の時間発展と、式 (3) に基づく  $E_i$  の時間発展の違いについて、離散化の影響を含めて説明せよ。

## 問題 [11]

数理科学に関する以下の問 1 ～ 問 3 に答えよ。

問 1 次の文を読み、正しい解釈を A ～ D から選べ。

「ある薬の効果を調べるために実験を行った結果、対照群と差があらわれた。統計検定を行うと p 値は 0.03 だった」

- A. 薬に効果がある確率は 97% である。
- B. 同様の差が偶然あらわれる確率が 3% である。
- C. この薬は 97% の人に効果があると p 値から直接わかる。
- D. p 値が 3% なので、同じ結果は 97% の確率で再現できる。

問 2 確率変数  $X, Y$  は 0 と 1 の値を取るものとする。 $X$  と  $Y$  の結合確率は次のように与えられる。

$$P(X = 0, Y = 0) = a$$

$$P(X = 1, Y = 0) = b$$

$$P(X = 0, Y = 1) = c$$

$$P(X = 1, Y = 1) = d$$

以下の A～C の場合それぞれについて、 $X$  と  $Y$  が統計的に独立であるかどうかを理由も含めて答えよ。

- A.  $a = b = c = d = 1/4$
- B.  $a = 1/2, b = 0, c = 0, d = 1/2$
- C.  $a = 1, b = 0, c = 0, d = 0$

問 3 1 次元空間上で定義された濃度場  $c(x, t)$  ( $t$  は正) に対する拡散方程式  $\frac{\partial c}{\partial t} = \frac{\partial^2 c}{\partial x^2}$  の解を  $c(x, t) = t^\alpha f(\eta)$  ( $\eta = x t^\alpha$ ) の形に仮定する。ここで  $\alpha$  は実定数、 $f(\eta)$  は微分可能な関数である。このとき、 $f(\eta)$  に関する閉じた微分方程式が得られるための  $\alpha$  の条件と、そのときの微分方程式を求めよ。

# 2026年度 広島大学大学院統合生命科学研究科

## 入学試験解答用紙

|             |      |
|-------------|------|
| 数理生命科学プログラム | 専門科目 |
|-------------|------|

受験番号と選択した問題の番号を下記の欄に記入すること。

|      |   |
|------|---|
| 受験番号 | M |
|------|---|

選択した問題の番号:

|  |  |  |
|--|--|--|
|  |  |  |
|--|--|--|

2026 年度  
広島大学大学院統合生命科学研究科  
数理生命科学プログラム

# 入 学 試 験 解 答 用 紙

## 問題 [    ]

|      |         |
|------|---------|
| 試験科目 | 専 門 科 目 |
| 受験番号 | M       |

2026 年度  
広島大学大学院統合生命科学研究科  
数理生命科学プログラム

## 入 学 試 験 解 答 用 紙

問題 [    ]

|      |         |
|------|---------|
| 試験科目 | 専 門 科 目 |
| 受験番号 | M       |

2026 年度  
広島大学大学院統合生命科学研究科  
数理生命科学プログラム

# 入 学 試 験 解 答 用 紙

## 問題 [    ]

|      |         |
|------|---------|
| 試験科目 | 専 門 科 目 |
| 受験番号 | M       |



2026 年度  
広島大学大学院統合生命科学研究科  
数理生命科学プログラム

# 入学試験下書き用紙

## 問題[    ]

|      |         |
|------|---------|
| 試験科目 | 専 門 科 目 |
| 受験番号 | M       |