

関西学院大学大学院理工学研究科

2025 年度入学試験

(二次：2025 年 2 月 27 日実施)

専門科目

生物科学専攻・ 生命医科学専攻

(11:10-13:10 120 分)

【試験にあたっての注意】

1. 筆記用具以外はカバンに入れ、カバンは床の上に置くこと。
2. 携帯電話、スマートフォン、ウェアラブル端末、音楽プレーヤー等の音の出る機器の電源を切ること。
なお、アラームを設定している人は解除してから電源を切り、カバンにしまうこと。
3. 時計のアラームは解除すること。携帯電話を時計として使用することは認めない。
4. 試験の途中退出は認めない。ただし、やむを得ない場合は挙手し監督者に知らせること。
5. 不審な言動は慎むこと。不正行為が発覚した場合、全科目を 0 点とする。
6. 試験用紙は以下の構成となっている。
 - ① 問題冊子 1 冊
 - ② 選択問題調査書、解答用紙
7. 指示があるまで問題冊子および解答用紙を開かないこと。
8. 解答用紙のホチキスは、はずさないこと（提出時もホチキス留めのまま提出すること）。
9. 各問題は、所定の解答用紙に解答すること。
10. 解答にあたっては、問題冊子および解答用紙に書かれた注意に従うこと。
11. 解答用紙には、氏名は記入せず、受験番号のみを記入すること。
12. 原則、解答用紙の裏面使用は不可。やむを得ず解答欄が不足する場合は＜裏面に続く＞と記載することで、裏面への記載を認める。
13. 試験終了後、問題冊子は各自持ち帰ること。

以上

[生物科学専攻・生命医科学専攻（専門科目）] 解答にあたって

次の【Ⅰ】～【Ⅴ】計5科目（基礎生命化学、分子生物学、細胞生物学、生化学、情報科学）より、4科目を選択して解答すること。

解答用紙および添付された選択科目調査書に選択した科目番号と受験番号を記入すること。

なお、解答用紙は1科目につき1枚使用すること。

[I] 【基礎生命化学】

問 1. 生体を構成する有機分子の構造や機能は、分子の電子軌道に関連している。有機分子を構成する共有結合と電子軌道に関して (1), (2) に答えなさい。

(1) エタン分子 (C_2H_6) について次の問に答えなさい。

- ① 炭素のとり混成軌道の名称を答えなさい。
- ② 電子雲の広がりを示す絵を描き、エタン分子の形状について説明しなさい。

(2) エチレン分子 (C_2H_4) について次の問に答えなさい。

- ① 炭素の取る混成軌道の名称を答えなさい。
- ② 電子雲の広がりを示す絵を描き、エチレン分子の形状について説明しなさい。

問 2. 酸素が豊富な環境下で、ある生物が好気呼吸を行った。固体の $\alpha\text{-D}$ -グルコースが 1 mol 消費され、気体の二酸化炭素と液体の水に完全に分解された。この反応は、この生物の体温である 298.15 K, 10^5 Pa で生じたとする。以下の (1), (2) に答えなさい。それぞれの物質の標準生成エンタルピー ($\Delta_f H^\circ$) と標準モルエンロトピー (S°) は以下の表に示す。有効数字は 3 桁とし、単位を記すこと。

物質	状態	$\Delta_f H^\circ / \text{kJ mol}^{-1}$	$S^\circ / \text{JK}^{-1} \text{mol}^{-1}$
H_2	g	0	130.68
O_2	g	0	205.03
H_2O	l	-285.8	69.9
$\alpha\text{-D-C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	s	-1274	209.2
CO_2	g	-393.5	213.6

(1) この反応の反応エンタルピー ($\Delta_r H^\circ$) を求めなさい。

(2) ギブスの自由エネルギー変化量 (ΔG) を求めなさい。

[II] 【分子生物学】

問 1．DNA と RNA はそれぞれの何の略か，英語表記で書きなさい．また，DNA と RNA の違いを簡潔に述べ，mRNA 以外の代表的な RNA 種を 3 種類あげ，その機能を述べなさい．

問 2．cDNA とは何か，その作製方法を含めて説明しなさい．

問 3．DNA 複製の特徴を転写と対比させて説明しなさい．

問 4．1 つの mRNA を複数のリボソームが同時に翻訳している状態を何とよぶか答えなさい．また，このような翻訳様式の利点は何か述べなさい．

[III] 【細胞生物学】

問 1. 共生説（細胞内共生説）が提唱されるもととなった細胞小器官の名称を 2 つあげ、共生説を支持し得るそれら小器官の特徴を述べなさい。

問 2. 次の（1）～（3）に答えなさい。

- （1）細胞膜について、主な構成成分を 1 つあげ、その構成成分の構造を図を用いて説明しなさい。
- （2）細胞膜の断面図を描きなさい。
- （3）細胞膜を隔ててイオンの組成に偏りがあるのはなぜか説明しなさい。

問 3. 次の（1），（2）に答えなさい。

- （1）細胞が細胞外や細胞膜上の物質を小胞に包み込んで細胞内に取り込む現象を何と呼ぶか答えなさい。
- （2）（1）の中でクラスリンが関与するものについて、その過程を説明しなさい。

問 4. ES 細胞と iPS 細胞の作製方法の違いについて述べなさい。

[IV] 【生化学】

問 1. 生体内における NADP^+ の合成や構造について、以下の (1) ~ (3) に答えなさい.

- (1) ペントースリン酸経路で NADPH が合成される反応を 1 つあげなさい.
- (2) NADP^+ の酸化および還元型の構造を図示しなさい. 酸化還元によって変化する化合物の主要部構造のみで良い.
- (3) 光化学系で水の分解から得られた電子が NADP^+ を還元して NADPH が生成される仕組みを説明しなさい.

問 2. 以下の (1), (2) の ATP 合成に関する語句について、それぞれ説明しなさい.

- (1) 基質レベルリン酸化
- (2) 化学浸透圧説

[V] 【情報科学】

問 1. 以下の R 言語のプログラムを実行した場合に表示される変数 a の値を答えなさい。

```
a=3
b=8
if (b < 6){
  a=1
} else if (b <= 10){
  a=2
}
print(a)
```

問 2. 線形単回帰分析の説明として、(a) ～ (c) の中から誤りを含む選択肢を 1 つ選びなさい。

- (a) 入力変数 x が与えられた際に出力変数 y を予測できるようになることが 1 つの目標である。
- (b) 直線の傾きと切片をデータから計算するのが必ずしも容易ではないのがデメリットである。特に、全く同じデータセットに対して再度傾きを推定し直すと再現性が無く、推定を繰り返すたびに毎回異なる値が得られる。
- (c) 線形回帰分析は機械学習の最も単純な雛形であるとみなされることも多い。例えば、分類問題を解くためのロジスティック回帰も、線形回帰分析の拡張の一種である。

問 3. 統計学の中心極限定理における分散についての次の文章の [ア] ～ [エ] を埋めなさい。

ある統計分布 $p(x)$ は、その期待値が 0 で分散は 1 であるとする。ここから無作為抽出された 2 標本 x_1, x_2 の和を $s_2 = x_1 + x_2$ とした場合に、確率変数 s_2 の期待値は 0、分散は [ア] となる。ここで和を 2 で割り平均をとったものを、 $\bar{s}_2 = s_2/2$ とした場合に、 $\bar{s}_2$ の期待値は 0、分散は [イ] となる。これを一般化して、統計分布 $p(x)$ から無作為抽出された N 標本 $x_1, x_2, \dots, x_N$ の和を $s_N = \sum_{i=1}^N x_i$ とした場合に、 s_N の期待値は 0、分散は [ウ] となる。ここで和を N で割って平均をとったものを、 $\bar{s}_N = s_N/N$ とした場合に、 $\bar{s}_N$ の期待値は 0、分散は [エ] となる。

問 4. コンピュータの基本的な機能及びソフトウェアについての以下の (a) ～ (e) の記述のうち、適切なものを 2 つ選びなさい。

- (a) クロック周波数のより小さなコンピュータの方が処理速度が速い。
- (b) 記憶装置のうち、主記憶装置は不揮発性だが、補助記憶装置は揮発性である。
- (c) R 言語は人間が理解しにくい低級言語に属す。
- (d) CPU の集積化に加えて、演算機能を向上させる方法の 1 つとしてプロセッサコアを複数搭載したマルチコア化がある。
- (e) オペレーティングシステムは、ユーザやアプリケーションとハードウェアの間に位置し、そのインターフェースとして働く。

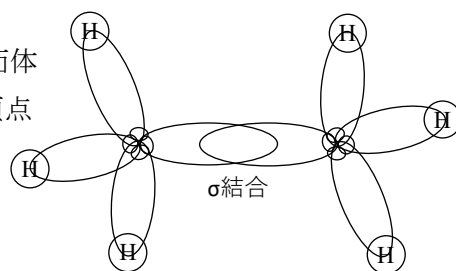
[I]【基礎生命科学】解答例

問1.

(1)

① sp^3 軌道

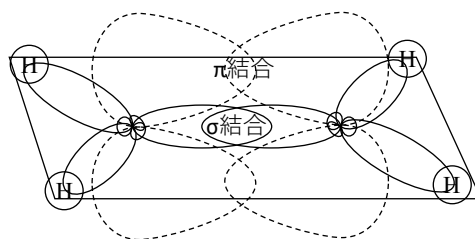
②各炭素の持つ4つの sp^3 軌道は、炭素原子を中心に置いた正四面体の、頂点を指す方向に伸びる。エタンを構成する2つの炭素は、頂点のひとつを σ 結合で共有し、残る6つの軌道を水素と共有結合する。



(2)

① sp^2 軌道

②各炭素の持つ3つの sp^2 軌道は、炭素原子を中心に置いた正三角形の頂点を指す方向に伸びる。エチレンを構成する2つの炭素は、頂点のひとつを σ 結合で共有し、残る4つの軌道を水素と共有結合する。各炭素に残された p 軌道は π 結合で結ばれる。 π 結合で2つの炭素の軌道が固定されることで、炭素と水素原子は平面上に配置する。



問2.

(1) $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O$

$$\begin{aligned}\Delta_r H^\circ &= ((-393.5) \times 6 + (-285.8) \times 6) - ((-1274) \times 1 + (0) \times 6) \\ &= -2801.8 = -2.80 \times 10^3 \\ \Delta_r H^\circ &= -2.80 \times 10^3 \text{ kJmol}^{-1}\end{aligned}$$

(2) $S^\circ = ((213.6) \times 6 + (69.9) \times 6) - ((209.2) \times 1 + (205.03) \times 6) = 261.62$

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

$$\Delta G = -2801.8 - 298.15 \times 261.62 \times 10^3 = -2879.8 \dots = -2.88 \times 10^3$$

$$\Delta G = -2.88 \times 10^3 \text{ kJmol}^{-1}$$

出題意図

問1. 生体を構成する有機分子の電子軌道について、基本的な知識を問う。

問2. 好気呼吸における熱力学の基礎知識を問う。

[II]【分子生物学】 解答例

問1. DNA: deoxyribonucleic acid, RNA: ribonucleic acid

RNA も DNA も「リン酸」「糖」「塩基」の3つからなるヌクレオチドが連結することで、長い鎖を形成するが、DNA の糖はデオキシリボース、RNA の糖はリボースである。DNA が二重らせん構造をとるのに対し、RNA は主に一本鎖の状態で存在する。

mRNA 以外の代表的な RNA 種: tRNA (アミノ酸を運搬する), rRNA (リボソームの構成要素として機能する), miRNA (遺伝子発現を抑制する) など

問2. cDNA は complementary DNA の略であり、相補鎖 DNA のことである。mRNA から逆転写酵素によって合成された二本鎖 DNA である。

問3. DNA の複製は、2つの1本鎖 DNA をそれぞれ鋳型として2つの2本鎖 DNA を合成する反応。一方、転写は、1つの1本鎖 DNA のみを鋳型として使い RNA を合成する反応。

問4. ポリソーム (ポリリボソーム)

単一の mRNA 分子上にリボソームが複数、数珠つなぎに結合した状態を表し、タンパク質合成を活発に起こすことを可能とする。

出題意図

問1. 共に核酸として重要な役割を果たす DNA と RNA の違いを的確に説明できるか、また様々な RNA 種について説明できるかを問う。

問2. 真核生物の遺伝子解析に欠かせない cDNA についての理解とその作製法を的確に説明できるかを問う。

問3. 分子生物学のセントラルドグマでもある DNA の複製と転写の違いを的確に説明できるかを問う。

問4. 活発なタンパク質合成に関与するポリソームについての知識とそれを的確に説明できるかを問う。

[III]【細胞生物学】 解答例

問1. 細胞小器官：ミトコンドリア、葉緑体

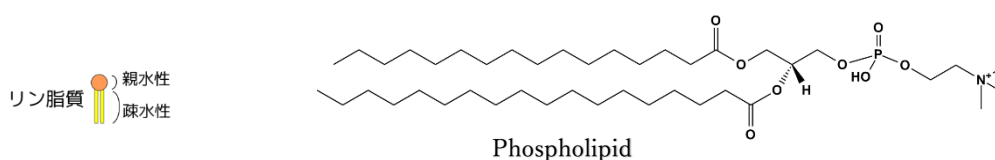
特徴：・独自のDNAを持っている。・独自に分裂して増える。・二重の膜で包まれている。

・ミトコンドリアのDNAの塩基配列が好気性細菌に、葉緑体のDNAの塩基配列がシアノバクテリアに似ている。

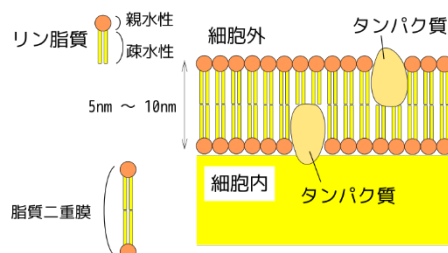
問2. (1) リン脂質 (タンパク質も可)

リン脂質の模式図(左)、リン脂質の一例の構造式(右)を示す。

一分子中に親水性の頭部と疎水性の尾部を持っている。



(2)



(3) 細胞膜を隔ててイオンの組成に偏りがあるのは、細胞膜に半透膜の性質とポンプの働きにより、濃度勾配を能動的に作り出しているためである。リン脂質二重層から成る細胞膜は、選択的透過性を持ち、イオンや分子を選択的に通過させる性質を持つ。膜を通過しやすい物質と通過しにくい物質があり、特にイオンは細胞膜をそのまま通過することができない。また、ナトリウム-カリウムポンプなどのイオンポンプはATPを使った能動的輸送により、イオンを濃度勾配に逆らって輸送する。ナトリウム-カリウムポンプの例では、ナトリウムイオンを細胞外に排出し、カリウムイオンを細胞内に取り込むことで細胞内はカリウムが高く、ナトリウムが低い一方、細胞外はナトリウムが高く、カリウムが低いという細胞内外のイオン濃度差を維持している。

問3. (1) エンドサイトーシス

(2) 1)膜の窪み, 2)積み荷の集積, 3)膜の被覆化(クラスリン被覆ピットの形成), 4)切断, 5)脱被覆, の順で積み荷を包有した膜小胞を細胞内部に取り込む. まず, クラスリンは細胞膜内側に集まり, AP-2 などのアダプタータンパク質と結合し膜上にクラスリンコートを形成する. これにより, 膜に力が加わり, 膜が内向きに陥没し, 特定の物質を包み込んで膨らみを作り積み荷が集積され, 膜が被覆化しクラスリン被覆小胞が形成される. 次に, ダイナミンが活性化され, エネルギーを供給して小胞が細胞膜から切り離される. その後, クラスリン被覆が取り外され, 小胞は細胞内のエンドソームと融合する.

問4. ES 細胞 (embryonic stem cell : 胚性幹細胞) は, 受精卵が胎児になるプロセスで, 分裂が始まった後の胚盤胞の中にある細胞を取り出して培養し作成する. iPS 細胞は, 皮膚などの体細胞に遺伝子操作 (いわゆる山中 4 因子) を加えることで幹細胞を作成する. iPS 細胞では受精卵のような倫理的な問題はない一方, 遺伝子操作をおこなうことによる安全性 (ガン化のリスクなど) が課題となっている.

出題意図

問1. 真核細胞の構造と細胞内小器官に関連して, 細胞内共生説を理解しているか基礎的な知識を問う.

問2. 細胞を理解する上で重要な細胞膜の構造と機能について描画により構造の理解度を, 細胞内外の濃度勾配について述べさせることで基礎知識と理解度を問う.

問3. 細胞膜動態, 細胞内輸送に関する問題としてエンドサイトーシス, その一例としてクラスリン関連エンドサイトーシスについて基礎知識と理解度を問う.

問4. 多能性幹細胞に関連して, ES 細胞と iPS 細胞それぞれの特徴と作製方法を述べさせることで理解度を問う. 再生医療の倫理や課題, iPS 細胞の応用可能性などの出題も考えられたが, ここでは基礎的な知識を確認するための問とした.

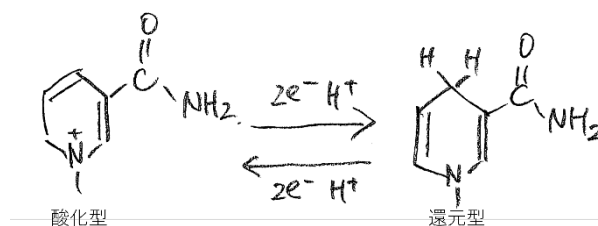
[IV]【生化学】解答例

問 1.

- (1) グルコース 6 リン酸脱水素酵素によって、グルコース 6 リン酸が酸化されて、6 ホスホグルコノ δ ラクトンが生成する反応.
- (2) 右図. 主要部位のみでよい.
- (3) 植物葉緑体の光化学系では、まず光化学系 II のチラコイド内腔側で水が分解され、その電子が反応中心クロロフィル a (P680) に渡される. P680 は光のエネルギーを受けて励起し、電子をフェオフィチンやキノンなどの電子伝達体に渡し、やがて電子はチラコイド膜内のプラストキノンを経てチトクローム b6f 複合体に渡され、チラコイド内腔のプラストシアニン介して、さらに光化学系 I の反応中心クロロフィル P700 に渡される. 電子はここでも光による励起を受け、光化学系 I 内の電子伝達体によってストロマ側へ移動し、フェレドキシンに渡される. 還元されたフェレドキシンはフェレドキシン-NADP 還元酵素 (FNR) の働きによって NADP⁺に渡されて NADPH を生成する.

問 2.

- (1) 例えば、1, 3 ジホスホグリセリン酸の加水分解によるリン酸の脱離は 11kcal/mol 以上の大きな自由エネルギーの低下を伴うため、7.3kcal/mol の自由エネルギーを必要とする ADP から ATP へのリン酸化反応を容易に駆動することできる. このような、自由エネルギーの差を利用した基質からのリン酸転移による ATP 合成を基質レベルリン酸化という.
- (2) ミトコンドリアにおける ATP 合成において、NADH の化学エネルギーがミトコンドリア内膜を隔ててプロトン濃度勾配を生じ、
気化学ポテンシャル差 (プロトン駆
その電
成が起
ター・
ンドリ
仮説に
その電
成が起
ター・
ンドリ
仮説に



出題意図

- 問 1. (1) 還元的生合成に重要な還元剤である NADPH の主要な生成反応であるペントースリン酸経路に対する理解を確認した. (2) NADPH などの電子キャリア構造の分子レベルでの理解を問う. (3) 生体におけるもう一つの重要な NADPH 生成反応である光化学系の概要を基礎知識として問うた.
- 問 2. (1) 生体内で重要な ATP 合成原理の一つである、基質レベルリン酸化の仕組みを理解しているか否かを確認した. (2) プロトン駆動力による ATP 合成の仕組みの理解を確認した.

[V] 【情報科学】解答例

問1. 2

問2. (b)

問3. [ア]: 2, [イ]: $1/2$, [ウ]: N , [エ]: $1/N$

問4. (d), (e)

出題意図

問1. 情報処理におけるプログラミングの基礎を正しく理解しているかを問う.

問2. 統計学における線形回帰分析（最小二乗法）について問う. 機械学習への入り口としても重要であることから, 線形回帰分析が持つ基本的な特性について確認するものである.

問3. 統計学における基礎事項の一つである中心極限定理について問う.

問4. 情報処理の基礎知識について問う.