

# 関西学院大学大学院理工学研究科

## 2025 年度入学試験

(一次：2024 年 8 月 2 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. 試験の途中退場は認めない。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.  $\alpha$ -D-マンノースは甘みを呈するが  $\beta$ -D-マンノースは苦みを呈する. 純粋な  $\alpha$ -D-マンノースの水溶液を作製したところ, 時間がたつと甘みが失われた. この理由を説明しなさい. ただし, マンノース自体が分解されたわけではない.
- 問 2. ヒトの肝臓には約 0.4 M に相当するグルコースをグリコーゲンとして蓄えている. なぜグルコースではなくグリコーゲンとして蓄えているのか理由を述べなさい.
- 問 3. グルコースが多数結合したものにアミロースとグリコーゲンがある. アミロースは主として植物が蓄え, グリコーゲンは主として動物が蓄えている. それぞれの多糖の構造の違いと植物と動物が構造の異なるグルコース多糖を蓄える理由を述べなさい.

[Ⅱ] 【分子生物学】

問 1. 以下の (1) ~ (3) の 2 つの用語の違いを説明しなさい.

- (1) プロモーターとオペレーター
- (2) 構成的ヘテロクロマチンと条件的ヘテロクロマチン
- (3) ミスセンス変異とナンセンス変異

問 2. 真核生物の DNA の二本鎖切断 (DSB) の修復機構を 2 種類あげ, それぞれの特徴を述べなさい.

問 3. 真核生物には 3 種の RNA ポリメラーゼがあり, それぞれ合成する RNA の種類が異なる. それら 3 種の RNA ポリメラーゼの名称を答えなさい. また, それぞれの酵素の核内における局在場所, および合成される RNA の名称と機能を述べなさい.

問 4. dNTP と ddNTP の構造の違いを説明しなさい. また, サンガー法による DNA の塩基配列決定の過程で, ddNTP が果たす役割について説明しなさい.

[Ⅲ] 【細胞生物学】

問 1. アポトーシスについて

- (1) アポトーシスとネクローシスの違いについて説明しなさい.
- (2) アポトーシスが誘導される例を 1 つ以上挙げなさい.
- (3) アポトーシスの分子機構について説明しなさい.

問 2. 微小管の構造と機能について「チューブリン」、「 $\alpha\beta$ 二量体」、「極性」の 3 つの単語を用いて説明しなさい.

問 3. 細胞周期の主要な 4 つの時期の名称とそれぞれの時期で起こる主な事象について説明しなさい. また, 細胞周期の進行が調節される機構について述べなさい.

問 4. リガンドが細胞外から G タンパク質共役型受容体に結合した際に, 細胞内で起こる反応を述べなさい. また, その反応に続いて起こる細胞内シグナル伝達により, 遺伝子発現が調節されるしくみについて, 例をあげて説明しなさい.

[IV] 【生化学】

問1. 生体内における ATP の合成について、以下の (1) ~ (3) に答えなさい。

- (1) 解糖系で ATP が合成される反応を一つあげ、その反応が ADP にリン酸基を転移することができる理由を、自由エネルギーの観点から説明しなさい。
- (2) 嫌気的な発酵経路を一つあげ、その反応経路が解糖系における ATP 合成の維持になぜ必要なのかを説明しなさい。
- (3) ミトコンドリアにおける ATP 合成の仕組みについて、ミトコンドリアの構造を図示し、その図に基づいて説明しなさい。

問2. 酵素について以下の (1), (2) に答えなさい。

- (1) 動物のある酵素は麦芽糖をブドウ糖に加水分解することができる。この酵素の麦芽糖に対する  $K_m$  値が  $100 \mu\text{M}$ 、最大の麦芽糖分解活性が、1 分間で酵素  $1 \text{ mg}$  あたり  $500 \mu\text{M}$  のブドウ糖生成である。この酵素の活性の特性を表すグラフを、横軸を麦芽糖濃度、縦軸を酵素活性として解答用紙に描きなさい。縦横軸の単位も表示すること。
- (2) 植物のある酵素は、分子質量が  $60 \text{ kDa}$  のサブユニットと  $30 \text{ kDa}$  のサブユニットが 2 個ずつ会合した 4 量体である。この酵素タンパク質を精製し、還元剤の入った SDS ポリアクリルアミドゲル電気泳動で分離後、ゲルを CBB 染色した。この電気泳動結果のバンドパターンを示す図を描きなさい。なお、ゲルは+電極側を下に表示し、サイズマーカーは  $15, 30, 50, 100 \text{ kDa}$  の分子質量であることが分かっているタンパク質として、サイズマーカーも分子質量の値で図に示しなさい。

[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  $x$  の値を答えなさい。

```
x = c()
for(i in 1:99){
  if((i %% 33 == 0) & (i %% 6 == 0)){
    x = c(x, i)
  }
}
print(x)
```

問 2. 平面上の 3 点  $(-1, -1)$ ,  $(0, 0)$ ,  $(1, 0)$  のなるべく近くを通るような直線を, 最小二乗法により求め, その傾きと切片を答えなさい。

問 3. 次の分析(1)から(5)をそれぞれ行うのに最も適した統計検定法を, 選択肢(a)から(g)の中より一つ選択して記号で答えなさい。ただし, (3), (4), (5)ではデータのばらつきに正規分布を仮定した方法を選んでよい。

- (1) 結核患者 107 名をランダムにストレプトマイシン投与群と安静療法群に分けてそれぞれ治療を行い, 両群の生存・死亡数を数えた。この計数データに対して, 治療法の違いと生存数/死亡数に有意な関連があるかを調べる。
- (2) 20 年以上アスベストに暴露された労働者の肺がん発症率(632 名中 45 名)は, 全国平均 0.01 と比較した際に, 有意な差があるかを調べる。
- (3) 土壌条件を砂, 粘土, ロームと変えて各 10 個体ずつ栽培した際に, 条件によって作物収量に有意な差があるかを調べる。
- (4) 簡易フィットネスクラブを体験した 8 名のモニターについて, 入会したてと入会 1 ヶ月後とで体重に有意な差があるかを調べる。
- (5) 水俣病罹患ネコ 7 匹と健康なネコ 11 匹とで, 肝臓中の総水銀量に有意な差があるかを調べる。

選択肢:

- (a) 分散分析, (b) 二項検定, (c) 回帰分析, (d) ピアソンの積率相関係数の無相関検定, (e) 対応のない t 検定, (f)  $\chi^2$  検定 (独立性の検定), (g) 対応のある t 検定。

問 4. 次の 6 つのソフトウェアを, 基本ソフトとアプリケーションソフトに分類し, 番号で答えなさい: 1. PowerPoint, 2. Android, 3. MacOS, 4. Windows, 5. Word, 6. Unix.

2025年度大学院入試（2024年度実施）1次試験

生物科学専攻・生命医科学専攻

専門科目

**[I] 【基礎生命科学】 解答例**

- 問1. 六炭糖は通常六員環構造をとり、六炭糖であるD-マンノースもそうであり、1位の水酸基の向きによって $\alpha$ -アノマーと $\beta$ -アノマーが存在し、これらは水溶液にすることで容易に平衡化する。 $\alpha$ -D-マンノースを水溶液にすることで一部 $\beta$ -D-マンノースに変換されたと考えられる。それによって、 $\alpha$ -D-マンノースの甘みが失われたと考えられる。
- 問2. 0.4 M 濃度のグルコースが細胞に存在すれば浸透圧によって水が細胞に侵入し細胞は破壊される。これを防ぐためにグリコーゲンのように巨大分子化することで、浸透圧を下げるができる。
- 問3. 通常グルコース多糖は末端から1個ずつ、グルコースが切断されて利用される。植物がたくわえるアミロースと動物が蓄えるグリコーゲンではグリコーゲンのほうが枝分かれが多く、多くのグルコース末端を有する。植物の場合グルコース多糖は発芽などのゆっくりした活動に利用されるが、動物のグルコース多糖は思考や運動といった一度に多くのグルコースが必要な生命活動に利用されるため、多くのグルコース末端を持つグリコーゲンのほうが動物にとっては有利である。

**出題意図**

生体の三大成分である糖質の基礎知識を問う問題である。

- 問1. 六炭糖は8種類あり、それぞれD体、L体の光学異性体が存在する。この問題で述べたようにD体においても環状構造をとるときに1位の水酸基が上に出ている $\beta$ -アノマーと下にでている $\alpha$ -アノマーがあることを知っているかどうかの基礎知識を問う。
- 問2. グルコースは通常エネルギー源として蓄え利用される。動物ではどのようにグルコースが蓄えられているかを問う。
- 問3. 動物と植物ではグルコースの蓄え方が違う。その理由を問う。

**[II] 【分子生物学】 解答例**

問1.

- (1) プロモーターは、遺伝子の転写開始点付近の DNA 領域で、基本転写因子が結合する場所。オペレーターは、大腸菌などの原核生物にみられるオペロンモデルにおいて、遺伝子オペロンの転写開始を阻止するリプレッサーが結合する配列。
- (2) 構成的ヘテロクロマチンは常にヘテロクロマチンを形成しているものを指し、テロメアやセントロメアに存在し、繰り返し配列を含む。条件的ヘテロクロマチンは一部の細胞や条件でのみ形成されるヘテロクロマチンである。
- (3) ミスセンス変異は、塩基配列の変化または置換により本来コードされているものとは別のアミノ酸が合成される変異である。一方、ナンセンス変異は、塩基の置換によってそのコドンが終止コドンに変化する変異。

問 2.

- ・非相同末端結合 (NHEJ) : 相同な配列を用いず、DNA の切断面をそのままつなぎ直す。
- ・相同組換え (HR) : 切断箇所を削り込み、一本鎖 DNA を露出させ、相同な配列を持つ他の DNA を探索し、それを鋳型に修復する。

問 3.

(名称) RNA ポリメラーゼ I, (局在場所) 核小体, (合成される RNA の名称と機能) リボソームの構成要素となる rRNA の前駆体など

(名称) RNA ポリメラーゼ II, (局在場所) 核質, (合成される RNA の名称と機能) 主としてタンパク質合成の基となる mRNA や snRNA など

(名称) RNA ポリメラーゼ III, (局在場所) 核質, (合成される RNA の名称と機能) アミノ酸の運ぶ tRNA や 5S rRNA など

問 4.

dNTP はリボースの 3'位に水酸基 (-OH) を有している。一方、ddNTP は、dNTP のリボースの 3'位の水酸基が水素原子(-H)に置き換わっている。DNA 鎖が dNTP の代わりに ddNTP を取り込むと、次のホスホジエステル結合の形成に必要な 3'末端の水酸基がないため、DNA 鎖の伸長反応が停止する。サンガー法はこのことを利用した塩基配列決定法である。

### 出題意図

問 1. 分子生物学における重要な複数のキーワードを的確に区別して説明できるかを問う。

問 2. 真核生物の DNA の二本鎖切断の修復機構 2 種類を対比させ、それぞれの的確に説明できるかを問う。

- 問3. 真核生物の RNA ポリメラーゼに関する基本的知識, およびまたそれらを的確に説明できるかを問う.
- 問4. 塩基配列決定の基本技術であるサンガー法の理解, および原理を的確に説明できるかを問う.

### 【III】【細胞生物学】解答例

問1.

- (1) アポトーシスはプログラム細胞死とも呼ばれ, 細胞の自発的なプロセスである. 細胞の自己破壊を引き起こす. 細胞の DNA 断片化が起こり, 細胞の構造が段階的に崩壊し, アポトーシスは正常な発生過程や組織の恒常性を維持するために重要である. 一方, ネクローシスは細胞が物理的な衝撃や酸素供給不足などの外的要因で引き起こされる細胞死である. 細胞膜が破裂し, 細胞内容物が漏出することで炎症反応が起こり周囲の組織の損傷を引き起こすことがある.
- (2) 免疫系における T 細胞の選別: 免疫系では, 自己反応性の T 細胞がアポトーシスによって除去される. 胸腺で自己反応性の T 細胞がアポトーシスによって排除され, 自己免疫疾患を防ぐ. 細胞周期の異常によるアポトーシス:がん抑制遺伝子 p53 が DNA 損傷を感知し, 修復不能な場合にアポトーシスを誘導する. 発生過程での不要な細胞の除去: 胎児の手や足の発生過程で, 不要な細胞 (例: 指間の細胞) がアポトーシスによって除去される.
- (3) アポトーシスの分子機構には内因性経路と外因性経路がある. 内因性経路では, DNA 損傷やストレスにより p53 が活性化され, ミトコンドリア膜が破れ, シトクロム c が放出される. これにより, アポトソームが形成され, カスパーゼ-9 が活性化され, カスパーゼ-3 が誘導されて細胞の解体が進行する. 外因性経路では, Fas 受容体や TNF 受容体が外部シグナル (Fas リガンドや TNF) と結合し, カスパーゼ-8 が活性化され, 下流のカスパーゼが活性化されて細胞が解体される.

問2.

- 構造: チューブリンが構成単位となり,  $\alpha$   $\beta$  二量体が重合して中空の管状構造を形成している.  $\beta$  チューブリン側がプラス端,  $\alpha$  チューブリン側がマイナス端となる極性を持つ.
- 機能: 細胞骨格として細胞の形を支える. 細胞分裂時に紡錘糸を形成し染色体分離にはたらく. モータータンパク質のレールとなり細胞小器官の配置にはたらく.

問3.

- 細胞周期の主要な 4 つの時期の名称と主な事象:

- G1 期: 細胞が成長し, 分裂に必要な準備を行う期間である. タンパク質合成や RNA 合成が進み, 細胞のサイズが増加する. この段階で外部からの成長因子に応答し, 分裂を始めるかどうかが決まる.
- S 期: DNA が複製される時期である. 遺伝情報が二倍に増え, 細胞分裂後に 2 つの娘細胞が同一の遺伝情報を持つようになる.
- G2 期: DNA 複製後に細胞はさらに成長し, 分裂の準備を行う. 細胞分裂に必要な微小管やタンパク質が合成され, 次の M 期に向けて準備が整う.
- M 期: 実際の細胞分裂が行われる時期である. 染色体が分配され, 細胞質が二つに分かれて 2 つの娘細胞が形成される.

●細胞周期の進行調節機構: 細胞周期は複数の調節因子によって厳密に制御されている. 以下に例を記載する.

1. サイクリンと CDK: サイクリンは周期的に合成され, サイクリン依存性キナーゼ (CDK) と結合して活性化される. これにより, 次の細胞周期段階への進行が制御される.
2. チェックポイント: 細胞周期には複数のチェックポイントがあり, DNA 損傷や複製エラーを検出し, 修復が完了するまで進行を停止させる. G1 期, G2 期, M 期にそれぞれチェックポイントが存在し, 正常な進行を確保する.
  - G1 チェックポイント: 細胞が成長環境や DNA 損傷をチェックし, 分裂を続けるかどうかを決定する.
  - S 期チェックポイント: DNA 複製が正しく行われているかを確認する.
  - G2 チェックポイント: DNA 複製が正確に完了したか, 損傷がないかを確認する.
  - M 期チェックポイント: 染色体が正しく分配されているか, 細胞分裂が正常に進んでいるかを確認する.
3. DNA 損傷修復機構: p53 タンパク質は DNA 損傷を検出すると細胞周期を停止させ, 修復を促す. 修復不可能な損傷がある場合, p53 はアポトーシスを引き起こし, 異常細胞の増殖を防ぐ.

問 4.

G タンパク質共役型受容体 (GPCR) にリガンドが結合すると, 受容体は構造変化を起こし, 細胞内の G タンパク質と結合する. これにより, G タンパク質が活性化され, GTP が結合した  $\alpha$  サブユニットが GTP を加水分解することで,  $\beta\gamma$  サブユニットと  $\alpha$  サブユニットに分離する. この分離したサブユニットが, それぞれ異なるシグナル伝達経路を活性化する. アドレナリン受容

体，アデノシン受容体，ロドプシンなど，神経伝達物質や光，多くのペプチドホルモンの受容体を介する反応が例として挙げられる．一例として，アドレナリン受容体にノルアドレナリンが結合し G タンパク質が活性化される， $\alpha$  サブユニットの一部はアデニル酸シクラーゼを活性化し，ATP から cAMP を生成する．cAMP は，プロテインキナーゼ A (PKA) を活性化し，これが細胞内のターゲットタンパク質をリン酸化する．リン酸化されたタンパク質は，転写因子である CREB (cAMP 応答エレメント結合因子) を活性化し，CREB が DNA 上の特定の配列に結合して遺伝子発現を調節する．cAMP 経路が活性化され，PKA が CREB をリン酸化し，遺伝子の転写が促進される．これにより，細胞の応答として特定の遺伝子が発現し，代謝や成長などの細胞の生理的反応が調節される．

## 出題意図

- 問 1．遺伝的にプログラムされた細胞死であるアポトーシスについて，ネクローシスとの違い，細胞生物学的意義とその分子機構について基礎知識と理解度を問う．
- 問 2．細胞を理解する上で重要な細胞骨格の構造と機能について，微小管を例として基礎知識を問う．
- 問 3．細胞分裂と細胞周期に関し，まず主要な時期の分類とそこで起こる事象について，さらに細胞周期の進行調節機構を述べさせることで基礎知識と理解度を問う．
- 問 4．細胞内外のシグナル伝達機構について，GPCR を例としてシグナル受容とその下流のシグナル伝達の基礎知識，遺伝子発現調節機構の理解度を問う．

## **[IV] 【生化学】** 解答例

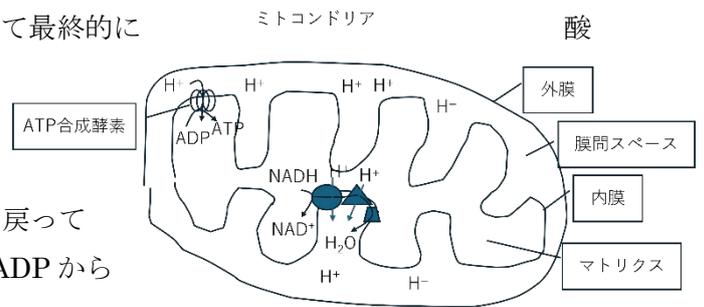
問 1.

(1) ホスホエノールピルビン酸 (PEP) がピルビン酸キナーゼの働きでエノールピルビン酸になる際に，ADP に対して PEP のリン酸基を転移して，ATP を生成する．ADP から ATP へのリン酸化反応には標準状態で  $7.3\text{kcal/mol}$  の自由エネルギーが必要だが，PEP のリン酸脱離における，自由エネルギーの減少は  $14.8\text{kcal/mol}$  と大きいため，ADP へのリン酸転移が容易である．これを基質レベル (の) リン酸化という．

(2) 乳酸発酵：解糖系で生成したピルビン酸を，酸素不足などの理由で TCA 回路で酸化できないような場合，解糖系のグリセルアルデヒド 3 リン酸脱水素酵素反応に必要な  $\text{NAD}^+$  が枯渇して，ATP を作ることが出来なくなる．このような場合，蓄積したピルビン酸と  $\text{NADH}$  を使って乳酸脱水素酵素で乳酸を生成することで  $\text{NAD}^+$  を再生し，この問題を回避することが出来る．

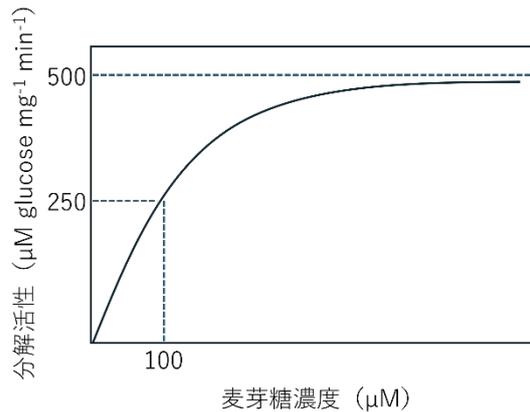
(3) 右図のように，ミトコンドリアマトリクスにある TCA 回路 (クエン酸回路) で生成した  $\text{NADH}$  や  $\text{FADH}_2$  の電子はミトコンドリア内膜にある， $\text{NADH}$  脱水素酵素複合体，チトクローム c 還

元酵素複合体, チトクローム c 酸化酵素複合体を通過して最終的に素に渡されて水になる. 酸化還元反応で放出される自由エネルギーは, プロトンをマトリクスから膜間スペースに汲み上げることに使われ, 内膜を隔ててプロトン濃度勾配をつくる. プロトンがマトリクスに戻ってくる際には, ATP 合成酵素複合体を通り, その際に ADP から ATP が作られる.



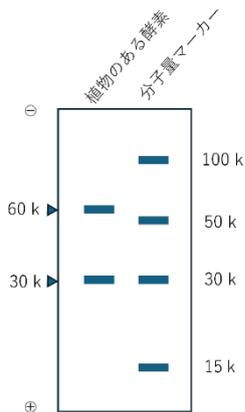
問 2.

(1) 右図.



Lineweaver-Burk plot などでもよい.

(2)



### 出題意図

問 1. (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) 電子受容体の維持という嫌気発酵の生理学的意義を理解しているか否かを確認した. (3) 生体内で重要な ATP 合成原理の一つである, 酸化的リン酸化の仕組みを理解しているか否かを確認した.

問 2 (1) 酵素の反応速度論をあらわすグラフの理解を確認した. (2) SDS ポリアクリルアミド電気泳動の実験とその結果を適切に描けるかを確認した.

[V] 【情報科学】解答例

問 1. 66

問 2. 傾き :  $1/2$ , 切片 :  $-1/3$ .

問 3. (1) f, (2) b, (3) a, (4) g, (5) e.

問 4. 基本ソフト:2,3,4,6. アプリケーションソフト:1,5.

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. 統計学における最小二乗法について問う. 機械学習の最も単純な雛形とも言える最小二乗法 (線形回帰分析) について理解していることは, 近年ますます重要となってきた. ここではデータ点が 3 点と少ない場合について, (コンピュータは使わずに) 手計算で解いて理解を深める問題となっている.

問 3. 生命系の研究現場で必須となるデータ形式に応じた統計検定の使い分けができるかを問う.

問 4. 情報処理の基礎知識について問う.