

関西学院大学大学院理工学研究科

2026 年度入学試験

(二次：2026 年 2 月 26 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

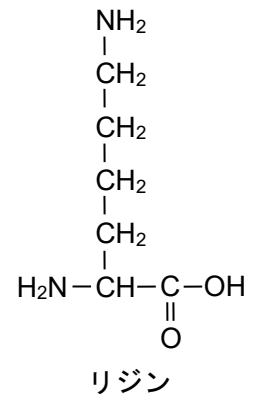
次の【Ⅰ】～【Ⅴ】計5科目（基礎生命化学、分子生物学、細胞生物学、生化学、情報科学）より、4科目を選択して解答すること。

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. 遺伝情報を保持している DNA は 核内において、ヒストンと呼ばれるタンパク質に巻き付いている。ヒストンには、数多くのリジン残基が備わっており、リジン側鎖へのアセチル化修飾が、エピジェネティックな遺伝子発現制御に大きく関わりと知られている。このことについて、以下の (1) および (2) に答えなさい。



- (1) 右のリジンの化学構造を基に、側鎖がアセチル化されたリジンの化学構造を示しなさい。
- (2) ヒストンのリジン側鎖へのアセチル化修飾が、遺伝子発現を制御するメカニズムを説明しなさい。なおメカニズムの説明には、以下の語句を必ず使用すること。

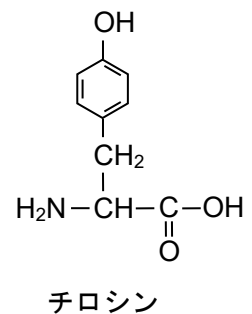
【 正電荷, 負電荷, ユークロマチン, ヘテロクロマチン 】

問 2. アミノ酸はアミノ基とカルボキシ基を有するため、水溶液中では環境 pH に応じてさまざまなイオン構造を示すことが知られている。アミノ酸の一つであるチロシンは、側鎖にフェノールに似た構造を有するため、合計で 4 種類のイオン構造を示す。このことについて、以下の (1) および (2) に答えなさい。解答に際しては、以下に表すアミノ基・カルボキシ基・チロシン側鎖の酸解離定数に関する情報を参考にすること。

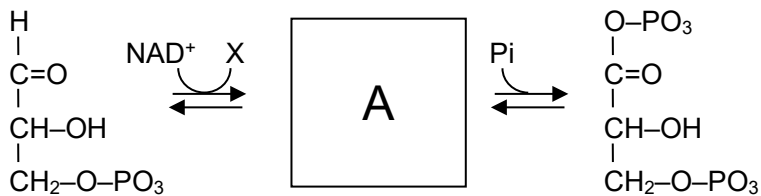
【酸解離定数 K_a に関する情報】

アミノ基の pK_a : 9.21, カルボキシ基の pK_a : 2.09, チロシン側鎖の pK_a : 10.01

- (1) 右に示すチロシンの化学構造を基に、チロシンが取り得る 4 種類のイオン構造の平衡を図示しなさい。ただし、pH が最も低い時の構造を左端に記すこと。
- (2) 等電点 (正味の電荷がゼロになるときの pH) を、有効数字 3 桁で求めなさい。



問3. 解糖系酵素である グリセルアルデヒド-3-リン酸デヒドロゲナーゼ (Glyceraldehyde-3-Phosphate Dehydrogenase, GAPDH) は, 下図のように, NAD^+ を補酵素としてグリセルアルデヒド 3-リン酸から中間体 A を経て 1,3-ビスホスホグリセリン酸へ変換する反応を触媒する. このことについて以下の (1) および (2) に答えなさい. なお下図においては, 反応過程における水分子の増減の記載を省略していることに注意すること.



- (1) 中間体 A の構造を, 反応前後の化合物の構造に倣って示しなさい.
- (2) GAPDH が媒介する反応により, NAD^+ は別の物質 X に変換される. 物質 X の名称を英文字で答えなさい.

[II] 【分子生物学】

- 問 1. 遺伝子の本体がタンパク質ではなく、DNAであることを証明した実験について説明しなさい.
- 問 2. 200 bp DNA の 3.3 μg のモル数を pmol として算出しなさい. ただし 1 塩基対の分子量は 660 とする.
- 問 3. 動物の培養細胞から mRNA を選択的に回収し、cDNA を合成したい. その実験方法を説明しなさい.
- 問 4. 真核細胞には 3 種類の RNA ポリメラーゼがある. それぞれの名称と特徴について説明しなさい.
- 問 5. 原核生物に特徴的な転写終結の仕組みについて説明しなさい.

[III] 【細胞生物学】

問1. 次の(1)～(4)は、哺乳類の受精卵(および初期胚)に関する記述である。下線部が正しい場合は○を、間違っている場合は×をつけて正しい語句に直しなさい。

- (1) 受精は、卵巣から排出された卵子が子宮内で精子と出会うことで成立し、受精卵はその後速やかに分裂(卵割)を開始する。
- (2) 受精が成立すると、卵子由来のミトコンドリアは消失する。
- (3) 精子は卵子に比べて極端に小さく、卵割期には細胞周期のG1, G2期がほぼ存在しないため、卵子と着床前の胚盤胞はほぼ同じ大きさである。
- (4) 主要な白血球抗原(HLA)の遺伝子は同一の染色体上に存在するため、両親が同じなら受精卵のHLA遺伝子は1/2の確率で一致する。

問2. 細胞間の接着装置であるタイトジャンクション、アドヘレンスジャンクション、ギャップジャンクション、デスモソームそれぞれについて、構造・機能面での特徴と構成する代表的な膜タンパク質を答えなさい。

問3. アポトーシスを起こしている細胞のDNAは、電気泳動するとラダー状のバンドとして観察される。その理由を答えなさい。

問4. 細胞質中で発現するタンパク質と細胞外に分泌されるタンパク質では、糖鎖修飾とジスルフィド結合に大きな違いが見出される。どのような違いなのか、また、その違いは何に起因するのかを説明しなさい。

[IV] 【生化学】

問 1. 糖の構造に関する以下の (1) ~ (4) に答えなさい。

- (1) 次の文章を読んで、文章中の (ア) ~ (カ) にあてはまる語句を答えなさい。
糖は、同一分子内にヒドロキシ基とアルデヒドをもつ (ア) と、ケトンをもつ (イ) に分類される。化学式 $C_6H_{12}O_6$ で表される単糖であるグルコースには、ヒドロキシ基の立体配置により、グルコースを含め 16 種類の (ウ) が存在する。さらに多糖では、単糖が (エ) 結合によってつながることで、多様な構造をとる。グルコースが α -1,4 結合により直鎖状のポリマーを形成した (オ) は、1 種類の単糖から形成されることから (カ) 多糖とよばれる。
- (2) グルコースなどの単糖は、ヒドロキシ基とアルデヒドが分子内で反応して環化し、ヘミアセタール構造をとる。糖のヒドロキシ基とアルデヒドを以下のように表記したときのヘミアセタール構造を記載しなさい。



- (3) RNA と DNA を構成する糖の名称をそれぞれ答え、これらの糖の構造を比較して異なる点を説明しなさい。
- (4) タンパク質の中には、翻訳後修飾により糖が結合した糖タンパク質となるものがある。この糖のタンパク質への結合には *N* 結合型と *O* 結合型があるが、一般にどのアミノ酸残基に糖が結合するか、アミノ酸名をそれぞれ 1 つ答えなさい。

問 2. 酵素反応に関する以下の (1) ~ (3) に答えなさい。

- (1) 酵素は国際的な分類法で、触媒する反応の種類により加水分解酵素など 7 つの大分類に分けられる。加水分解酵素以外の分類群を 2 つ答えなさい。
- (2) Michaelis-Menten 式に従う酵素反応において、反応速度を V 、基質濃度を $[S]$ とし、基質により酵素が飽和した際の反応速度を V_{max} 、ミカエリス定数を K_m とする。この反応における反応速度と基質濃度の関係を示したグラフを、 V を縦軸、 $[S]$ を横軸として記載しなさい。この時、グラフ中に V_{max} と K_m の関係も明記しなさい。
- (3) (2) の酵素反応に競合 (競争) 阻害が生じた場合、(2) のグラフはどのように変化すると考えられるか、(2) で記載したグラフに点線で記載しなさい。また、阻害剤が酵素にどのような影響を与えることで反応が阻害されるか、 V_{max} や K_m 値の変化も含めて説明しなさい。

[V] 【情報科学】

問1. 次の(a)～(e)のRのコードを実行した時に出力される結果をそれぞれ答えなさい。

<pre>(a) x = c(3, 1, 7, 5, 4) y = 0 for (i in x) { if (i %% 2 == 1) { y = y + i } } print(y)</pre>	<pre>(b) df = data.frame(x=c(3,1,7,5,4,2), y=c("a","c","c","b","b","c"), ncol=3, byrow=TRUE) v = sum(df[df\$y=="c",]\$x) print(v)</pre>	<pre>(c) x = matrix(c(3,1,7,5,4,2,5,7,3,4), nrow=5, byrow=TRUE) y = matrix(c(3,1,7,5,4,2,5,7,3,4), nrow=2) z = x %*% y print(dim(z)[1])</pre>
<pre>(d) x = matrix(c(3,1,7,5,4,2,5,7,3,4), nrow=2) y = 0 for (i in 1:length(x[1,])) { if (x[1, i] %% 2 == 0 x[2, i] %% 3 == 1) { y <- y + i } } print(y)</pre>	<pre>(e) x = (rep(1,5) + seq(5, 1, -1)) %*% c(1,2,1,2,3) print(x)</pre>	

問2. 以下の文章を読み、ア～コの空欄に入る適切な用語を選択肢から選び、記号で答えなさい。

(1) ある薬剤を与えた細胞のグループ(介入群)と、薬剤を与えていない細胞のグループ(対照群)で、遺伝子Xの相対発現量を計測した。相対発現量が正規分布に従っている場合、**ア**により2群の**イ**に有意差があるかを検定できる。一方、相対発現量が正規分布に従っていない場合であっても、2群の分布の等質性が仮定できる場合(分散、歪度、尖度などの二次以上のモーメントが一致すると仮定できる場合)は、**ウ**により2群の**エ**に有意差があるかを検定できる。**ア**は、2群のデータに対応がある場合と、対応がない場合がある。対応がない場合で、介入群のサンプルサイズをN1、対照群のサンプルサイズをN2とした時、**ア**の自由度は**オ**になる。対応がある場合、介入群も対照群も同じサンプルサイズNを持つとする。この時の**ア**の自由度は**カ**になる。

(2) 二つの変量の間関係性を調べる方法にピアソンの積率相関係数がある。また、得られた相関係数が0でないことの有意性を検定する方法として**キ**がある。ただし、ピアソンの積率相関係数が意味を持つには、二つの変量が**ク**に従うことや、二つの変量の間**ケ**があることなどが必要である。これらを仮定できない場合は、**コ**などの手法で相関係数の計算や**キ**行われる。

<選択肢>

- (a) 独立性の検定, (b) N1 + N2, (c) ケンドールの順位相関係数, (d) タニモト係数,
- (e) 無相関の検定, (f) 二変量ガンマ分布, (g) N1 + N2 - 1, (h) N1 + N2 - 2, (i) 二変量正規分布, (j) N, (k) t検定, (l) N - 1, (m) ジャックカード係数, (n) 二項分布, (o) 平均値,
- (p) ウィルコクソンの順位和検定, (q) N - 2, (r) 線形関係, (s) 中央値, (t) 系統関係

問3. 以下の文章を読み, 問に答えなさい.

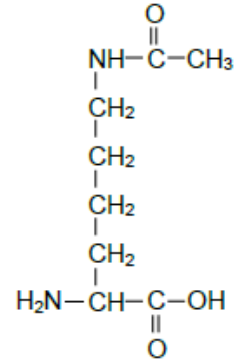
20 アミノ酸で構成される折れ曲がりやねじれのない α ヘリックスを考える. この α ヘリックスを構成するアミノ酸の $C\alpha$ の座標は, その幾何重心を原点とするように中心化されている. この α ヘリックスを構成するアミノ酸の $C\alpha$ をサンプル, その x 座標, y 座標, z 座標を変数とした 20×3 のサイズの行列を作る. これをデータ行列とみなして主成分分析を実行した時, 第一主成分の軸は α ヘリックスに対して, どのように配向すると考えられるか (図による説明を含めてもよい). また, そうなる理由を主成分分析の手続きの分散最大化の観点から説明しなさい.

解答例

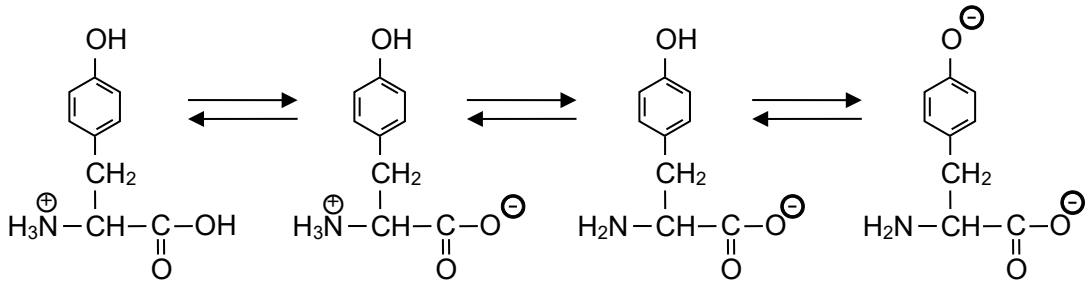
[I] 【基礎生命化学】

問 1. (1) 右図参照

(2) ヒストンのリジン側鎖は正電荷，DNA は負電荷を帯びているため，ヒストン-DNA 間には強い相互作用がある．ヒストンのリジン側鎖がアセチル化修飾を受けると，リジン側鎖の正電荷が中和される．その結果，クロマチン構造がヘテロクロマチンからユークロマチンに変化しやすくなり，遺伝子発現が促進される．

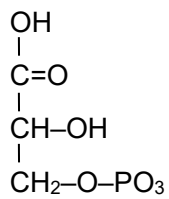


問 2. (1)



(2) $(2.09 + 9.21) \div 2 = \underline{5.65}$

問 3. (1)



(2) NADH

[II] 【分子生物学】

問 1. 遺伝子の本体が DNA であることは、主に Avery MacLeod McCarty (1944) の実験と、Hershey と Chase (1952) の実験によって示された。Avery らは、肺炎双球菌を用いた形質転換実験において、加熱殺菌した S 型菌抽出液からタンパク質や RNA を分解しても形質転換活性は失われないが、DNase で DNA を分解すると形質転換が起こらなくなることを示し、遺伝情報の担い手が DNA であると結論づけた。さらに Hershey と Chase は、放射性同位体で標識した DNA (^{32}P) とタンパク質 (^{35}S) を持つ T2 ファージを用いた実験により、細菌内に侵入して次世代ファージ形成に関与するのは DNA のみであることを明確に示した。

問 2. 200 bp DNA の分子量は $200 \times 660 = 132,000$ である。

$3.3 \mu\text{g} = 3.3 \times 10^{-6} \text{ g}$ なので、モル数は

$$\frac{3.3 \times 10^{-6}}{132,000} = 2.5 \times 10^{-11} \text{ mol}$$

よって、25 pmol である。

問 3. 培養細胞からフェノール/クロロホルム抽出等により全 RNA を抽出する。次に、真核生物の mRNA が 3'末端にポリ A 配列 (poly(A) tail) を持つことを利用し、オリゴ(dT)を固定化したビーズやカラムを用いて mRNA を選択的に回収する。回収した mRNA を鋳型として、オリゴ(dT)プライマーを用い、逆転写酵素 (reverse transcriptase) によって cDNA を合成する。

問 4.

- RNA ポリメラーゼ I: 核小体に存在し、rRNA (18S, 5.8S, 28S) を合成する。
- RNA ポリメラーゼ II: 核質に存在し、mRNA や snRNA を含む一部のノンコーディング RNA を合成する。
- RNA ポリメラーゼ III: 核質に存在し、tRNA, 5S rRNA などの小さな RNA を合成する。

問 5. 原核生物の転写終結には、 ρ (ロー) 因子依存型と ρ 因子非依存型 (内在的終結) の 2 種類がある。 ρ 因子非依存型終結では、転写された RNA 中に GC に富む逆向き反復配列が存在し、ヘアピン構造を形成することで RNA ポリメラーゼが停止し、その後の U の連続配列により RNA-DNA ハイブリッドが不安定化して転写が終了する。一方、 ρ 因子依存型終結では、ATP 依存性 RNA ヘリカーゼである ρ 因子が RNA に結合し、RNA ポリメラーゼに追いついて転写複合体を解離させることで転写を終結させる。

[III] 【細胞生物学】

問 1. (1) × : 卵管 (2) × : 精子 (3) ○ (4) × : 1/4

問 2.

タイトジャンクション (密着結合)

<構造・機能面での特徴>

上皮細胞の頂端側に存在；隣接細胞間の隙間を密閉し，細胞間物質の通過を制御；上皮の極性を維持

<主な膜タンパク質>

クローディン(Claudin)；オクルディン(Occludin)；JAM(Junctional adhesion molecule)

アドヘレンスジャンクション (接着結合)

<構造・機能面での特徴>

タイトジャンクションの直下に位置；細胞同士を機械的に結合させ，形態形成や組織構築に関与

<主な膜タンパク質>

クラシックカドヘリン (E, P, N型カドヘリン等)

ギャップジャンクション

<構造・機能面での特徴>

隣接細胞間にチャンネル構造を形成；イオンや低分子 (~1 kDa) を移動させる；電氣的・代謝的カップリングに関与；pH 変化や Ca^{2+} 濃度で開閉を調節

<主な膜タンパク質>

コネキシン (6分子でコネクソンを形成)

デスモソーム

<構造・機能面での特徴>

点状の接着構造；機械的ストレスに耐性を与える (皮膚・心筋に多い)

<主な膜タンパク質>

(カドヘリンファミリーの) デスモグレイン，デスモコリン

問 3. アポトーシスでは，カスパーゼによりエンドヌクレアーゼ (CAD: caspase-activated DNase) が活性化され，これがヌクレオソームのリンカー部分を優先的に切断する．そのため，DNA はヌクレオソーム単位 (約 180bp) の整数倍の断片に順次分解され，ラダー状のバンドとして観察される．

問 4.

糖鎖修飾

細胞質に留まるタンパク質：細胞質には糖鎖付加に必要な酵素系が存在しないため，糖鎖は細胞

質タンパク質には殆ど付加されない。

分泌タンパク質：合成時に粗面小胞体（ER）内腔へ移行し，ER およびゴルジ体の内腔で糖転移酵素により糖鎖が付加される。

ジスルフィド結合

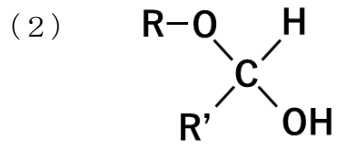
細胞質に留まるタンパク質：細胞質は還元型グルタチオンが極端に多く還元的環境であり，システイン残基は還元状態（-SH）に保たれやすい。そのため細胞質内ではジスルフィド（SS）結合が形成されにくい。

分泌タンパク質：合成時に移行する ER 内腔は，Protein disulfide isomerase などが存在しシステイン残基間で SS 結合が形成されやすく，細胞外の環境も細胞内と比較すると酸化的であるため（NADPH やグルタチオン還元化酵素も存在しない），SS 結合は維持される。

[IV] 【生化学】

問 1.

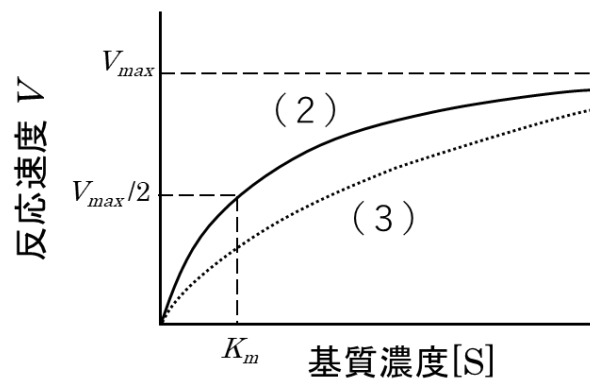
- (1) ア アルドース イ ケトース ウ 立体異性体
 エ *O*-グリコシド オ アミロース カ ホモ



- (3) RNA: リボース DNA: 2-デオキシ-D-リボース
 デオキシリボースはリボースの C2 位の OH 基が水素になった構造である.
- (4) *N*結合型: アスパラギン *O*結合型: スレオニンあるいはセリン

問 2.

- (1) 酸化還元酵素 転移酵素 など
- (2)



- (3) 競合阻害では、基質と阻害剤が酵素中の同じ活性部位に結合することから競合が生じる。阻害剤が活性部位に結合すると、基質は酵素に結合できず、反応速度が低下する。このとき、 V_{max} は変化しないが、基質と酵素の親和性が低下するため、 K_m 値は見かけ上増加する。

[V] 情報科学

問1. (a) 16, (b) 10, (c) 5, (d) 13, (e) 32

問2. ア (k), イ (o), ウ (p), エ (s), オ (h), カ (l), キ (e), ク (i), ケ (r), コ (c)

問3. 第一主成分の軸は α ヘリックスの長軸方向に沿ってほぼ中心を走る.

軸に対して $C\alpha$ を射影した点の, その軸上での分散が最大になるように第一主成分軸は決定される. これは, $C\alpha$ からの垂線の長さの二乗の総和が最小になるように軸を決めることに相当し, ヘリックスの中心付近に軸が配置されることで実現される.

出題の意図

[I] 【基礎生命化学】

- 問 1. アミノ酸への化学修飾について、分子構造レベルでの理解を確認するとともに、その化学的な性質がもたらす生命現象についての基礎的知識を問う。
- 問 2. 生体内化学物質であるアミノ酸の電気平衡に関する分子構造レベルでの理解を確認するとともに、基礎的な知識を問う。
- 問 3. 生体内有機化学反応として重要な解糖系のひとつの反応に関して、分子構造レベルでの理解を確認するとともに、基礎的な知識を問う。

[II] 【分子生物学】

- 問 1. DNA が遺伝子の本体であることを正しく理解しているかを問う。
- 問 2. DNA のモル濃度を正しく理解しているかを問う。
- 問 3. mRNA の分取法と cDNA の合成法を的確に理解しているかを問う。
- 問 4. 真核細胞の RNA ポリメラーゼを正しく理解しているかを問う。
- 問 5. 原核生物に特徴的な転写終結の仕組みを正しく理解しているかを問う。

[III] 【細胞生物学】

- 問 1. 哺乳類の受精ならびに受精卵についての基礎知識を問う。(4)では、親がそれぞれ2つの HLA ハロタイプを持つことがポイントである。
- 問 2. 多細胞生物で見られる細胞間の様々な接着構造についての理解度を確認する問題である。
- 問 3. カスパーゼによるタンパク質の直接分解に加え、DNA の分解機構の理解が求めた。
- 問 4. 細胞内外の環境の違いとタンパクの翻訳後修飾への影響を問う。

[IV] 【生化学】

- 問 1. 生体分子として機能する糖の基本的な構造や多様性について、基本的な知識を確認した。
- 問 2. 酵素反応による分類や、酵素の反応速度論に関する理解を問う。

[V] 【情報科学】

- 問 1. \mathbf{R} の文法, 特にループ処理, 条件分岐, また, データフレームや行列の取り扱いの理解度を問う.
- 問 2. 統計解析の基礎知識を問う.
- 問 3. 主成分分析に対する知識と応用力を問う.