

2025（令和7）年度
静岡大学大学院総合科学技術研究科（修士課程）
一般入試

理学専攻 生物科学コース
入学試験問題（専門）

2024（令和6）年8月22日（木）

解答時間：9時30分～12時30分

<注意事項>

1. 試験開始前に問題冊子，解答用紙とも開いてはいけません。
2. 問題Ⅰは必ず解答すること。また，選択問題Ⅱ～Ⅳのうち2題を選んで解答すること。
3. 配布した解答用紙（横罫線の用紙3枚）すべてに受験番号を記入すること。使わなかった解答用紙も回収するので，受験番号を記入すること。
4. 解答用紙は問題ごとに別にし，所定欄に問題番号を記入すること。
5. 解答用紙は裏面を使用してもよい。

問題1. DNA と PCRに関する次の文章を読み、以下の問1～7に答えなさい。(配点40%)

染色体DNAは、長大なポリヌクレオチド鎖2本からなる。このポリヌクレオチド鎖は、㉔ 4種類のヌクレオチドから構成され、ヌクレオチド単体はそれぞれ1個ずつのデオキシリボースとリン酸基、塩基で構成される。ヌクレオチドのヒドロキシ基と隣接したヌクレオチドのリン酸基の間でのホスホジエステル結合に加え、㉕ 塩基間での化学結合がはたらくことで、長大な2本鎖DNAを形成する。

我々は日常的に、PCR法を用いて2本鎖DNAから目的の塩基配列を増幅している。PCR法は大きく3つのステップに分かれ、第一ステップでは2本鎖DNAを95℃まで上げることで、㉖ 1本鎖DNAの状態にする(熱変性)。第二ステップでは、㉗ 温度を40～60℃まで下げることでプライマーDNAを1本鎖DNAに結合させる。第三ステップでは、温度を72℃まで上昇させ、プライマー結合箇所を起点に、㉘ DNAポリメラーゼにより新生鎖を合成させる(伸長)。これらの㉙ ステップを繰り返すことで、目的の塩基配列を増幅させる。なおこのとき、㉚ 特異的なプライマーDNAを予め設計する必要がある。

問1. 下線部(a)について、ある生物の染色体DNAは、ヌクレオチドの塩基のうちアデニンが占める割合が24%であった。そのほかの塩基の名称と割合を答えなさい。

問2. 下線部(b)について、化学結合の名称を答えなさい。またこの化学結合によるポリヌクレオチド間の結合の安定性は塩基により異なる。その理由を説明しなさい。

問3. 下線部(c)について、次の(A)から(C)の2本鎖DNAを含む溶液の温度を徐々に上げた場合、1本鎖DNAに解離する順番を早い順に答えなさい。また、その理由を説明しなさい。

- (A) 5'- AATACATACTATATAATATTATATTATTTAC -3'
3'- TTATGTATGATATATTATAATATAATAAATG -5'
- (B) 5'- GTAGGCGGGCGGGCCAGCCCGAGCCCAA -3'
3'- CATCCGCCCCGCCGTCGGGCTCGGGTT -5'
- (C) 5'- GTTCTACTAGACGA -3'
3'- CAAGATGATCTGCT -5'

問4. 下線部(d)のステップをあらわす適切な名称を答えなさい。またこのステップにおいて、設定する温度に幅があるのはなぜか、その理由を説明しなさい。

問5. 下線部(e)について、PCRに用いるDNAポリメラーゼの特徴と、その特徴を持つDNAポリメラーゼを用いる理由を説明しなさい。

問6. 下線部(f)について、増幅反応の回数を増やすと、理論上は指数関数的に目的の配列が増幅する。しかしながら実際は、サイクル数の増加に伴い、増幅は頭打ちになる。その原因として考えられる理由を2つ答えなさい。

- 問7. 下線部 (g) に関連して, 100 万 bp の DNA 配列の一箇所だけに特異的なプライマーDNA を設計する場合, 理論上, 最低限必要な塩基数とその理由を答えなさい。なお DNA 塩基配列はランダムであり, 繰り返し配列は存在しないものとする。

問題 II. DNA 配列の相同性解析に関する次の文章を読み、以下の問1～5に答えなさい。(配点 30%)

バイオインフォマティクスの分野では、配列情報から機能を推定する手法のひとつとして、配列相同性解析が頻用されている。配列相同性解析によって、配列アラインメントが得られる。

2つの塩基配列 (ACAGATCCGT, ACGGCGTG) の配列アラインメントをおこない、図1の3つの結果を得た。ここで、配列一致の場合、不一致の場合、ギャップ (図中 - で示した) の場合、それぞれに+3点、-1点、-2点のスコアを与えて、合計スコアを計算した。なお、図中のアスタリスク (*) は配列の一致箇所をあらわしている。

```
A  ACAGATCCGT
   ACGGCGTG--
   ** *
```

```
B  ACAGATCCGT-
   AC-G-G-CGTG
   ** *   ***
```

```
C  ACAGATCCGT-
   ACGG---CGTG
   ** *   ***
```

図1. 塩基配列のアラインメント

- 問1. 図1Aの配列アラインメントの場合、スコアは何点が答えなさい。
- 問2. 図1Aの配列アラインメントを修正することで、スコアが高くなるような配列アラインメントを検討した結果が図1B, 図1Cである。いずれの場合もスコアは等しいが、何点が答えなさい。
- 問3. 問2で述べたように、図1B, 図1Cの配列アラインメントのスコアは等しいが、分子進化の観点から図1Bよりも図1Cの方が適切な配列アラインメントであると考えられる。その理由を説明しなさい。
- 問4. 図1Bではなく、図1Cのような配列アラインメントを採用するため、図1Bのスコアより図1Cのスコアが高くなるようにしたい。その方法を説明しなさい。
- 問5. 図1Cを局所的な配列アラインメントにすることでスコアを最大化した。その局所アラインメントに関する以下の小問(1), (2)に答えなさい。
- (1) その局所アラインメントを、図1にならって答えなさい。
 - (2) その局所アラインメントのスコアは何点が答えなさい。

問題 III. データの可視化と分析に関する次の文章を読み、以下の問1～3に答えなさい。(配点 30%)

生物科学研究において、実験や調査の結果としてのデータは定性的あるいは定量的な変数であらわされる。そのデータ変数がどのように分布するかを要約する指標が、記述統計学用語の代表値と散布度である。代表値は、データが変数スケールのどの位置を中心に分布しているか(分布の中心)をあらわす値で、平均値や①、最頻値などがある。散布度は、データがどのように散らばっているかをあらわす値で、②や標準偏差、標準誤差、四分位範囲(③と④の差)、⑤(最小値と最大値の差)などがある。また、データを要約し、視覚的に捉えやすくするデータ可視化には、代表値と散布度をまとめた表や度数分布表、ヒストグラム、平均値と標準偏差(Mean±SD)を表示したグラフ、平均値と標準誤差(Mean±SEM)を表示したグラフ、①と四分位範囲を表示した箱ひげ図などが用いられる。

ある地域に棲息する甲虫のフィールド調査結果を表1に示した。この調査では、2000年8月と2020年8月に同種の甲虫12個体を採集して、体長を測定した(Sample-A, Sample-B, 単位mm)。この調査で得られたデータ(表1)を可視化したものが図1～3である。

表1. Sample-A と Sample-B の甲虫体長 (単位 mm)

2000年採集 Sample-A	10	20	80	20	20	20	20	30	30	60	40	70
2020年採集 Sample-B	30	50	50	80	30	60	40	50	50	40	50	70

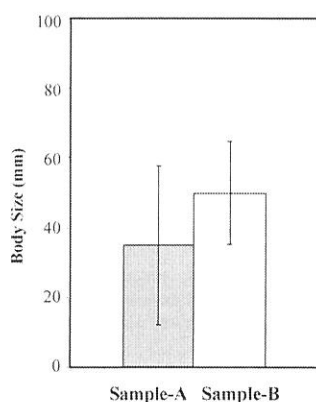


図1. Sample-A と Sample-B の棒グラフ (Mean±SD)

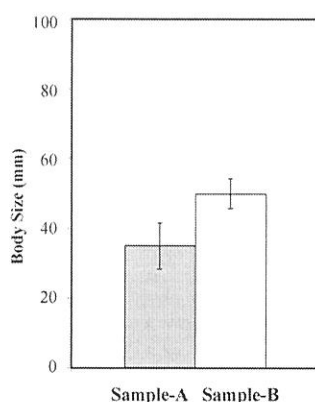


図2. Sample-A と Sample-B の棒グラフ (Mean±SEM)

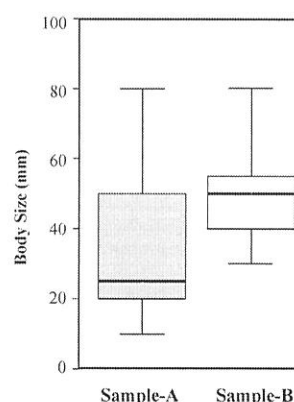


図3. Sample-A と Sample-B の箱ひげ図

問1. ①～⑤に入る適切な語を答えなさい。

問2. データの可視化における「度数分布表」のメリットとデメリットは次のように考えられている。
この記載をふまえて、データ可視化に関する以下の小問（1）、（2）に答えなさい。

「度数分布表」のメリット

- ・分布の直感的理解: データの出現頻度を可視化することで、データ全体の分布状況を直感的に理解できる。
- ・簡単な実装: 計算や実装が比較的簡単であり、手軽にデータの概要を把握できる。

「度数分布表」のデメリット

- ・詳細な情報の欠如: データの具体的な分布形状や中心傾向を詳細に示すことができない。
- ・大規模データに不向き: データ量が多い場合、表が煩雑になりがちで、視覚的に理解しにくくなることもある。

- (1) 「平均値と標準誤差 ($\text{Mean} \pm \text{SEM}$) を表示したグラフ」(図2)のメリットとデメリットを、度数分布表に関する記載にならって簡潔に説明しなさい。
- (2) 「①と四分位範囲を表示した箱ひげ図」(図3)のメリットとデメリットを、度数分布表に関する記載にならって簡潔に説明しなさい。

問3. Sample-A と Sample-B について、パラメトリック検定の Student's t -test を適用したところ、「The two-tailed P value is 0.0686, considered not quite significant.」という結果を得た。また、ノンパラメトリック検定の Mann-Whitney U-test を適用したところ、「The two-tailed P value is 0.0408, considered significant.」という結果を得た。これらの統計解析と調査結果に関する以下の小問（1）、（2）に答えなさい。

- (1) パラメトリック検定の Student's t -test とノンパラメトリック検定の Mann-Whitney U-test のどちらの結果を採用すべきか、根拠も含めて説明しなさい。
- (2) この地域に棲息する同種甲虫の体長が 2000 年～2020 年の 20 年間にどのように変化したかについて考えられることを、根拠も含めて説明しなさい。

問題Ⅳ. 光合成に関する次の文章を読み、以下の問1～4に答えなさい。(配点30%)

光合成の電子伝達反応では、エネルギー通貨である①と還元剤である②が合成される。これら二つの化合物は、光合成の炭酸固定反応を担う反応である③回路で利用される。この回路で炭酸固定反応を触媒する酵素であるリブローズ-1,5-ビスリン酸カルボキシラーゼ/オキシゲナーゼ (Rubisco) は、その名の通り炭酸固定反応だけではなく、酸素添加反応もおこなう。Rubisco の炭酸固定反応と酸素添加反応は、現在の気組成ではおよそ5対1の割合で起こる。酸素添加によって合成されたホスホグリコール酸は③回路を阻害するため、他の細胞小器官である④やペルオキシソームを介した反応によりグリセルアルデヒド-3-リン酸へと変換され、再び③回路に戻って利用される。この一連の反応は酸素を消費することから a 光呼吸と呼ばれる。

光呼吸が起こらないようにするため、C4植物は特定の細胞で二酸化炭素を濃縮するしくみを持つ。葉肉細胞に取り込まれた二酸化炭素を用いてC3化合物がC4化合物へと変換され、維管束鞘細胞へと輸送される。維管束鞘細胞では脱炭酸反応によってC4化合物から二酸化炭素が放出され、③回路で利用されると同時に②が合成される。そのため、維管束鞘細胞では①の不足を補うため、②を用いた⑤電子伝達反応がおこなわれる。

問1. ①～⑤に入る適切な語を答えなさい。

問2. 下線部 (a) の光呼吸は、一見無駄な反応に思えるが、その代謝経路を阻害した植物は二酸化炭素濃度が高い環境でしか生育できなくなるため、必須の機能だと考えられている。植物はなぜ光呼吸を獲得したと考えられるか、その理由を説明しなさい。

問3. 近い将来、大気の二酸化炭素濃度が上昇し、地球温暖化が進むと予想されている。その時、C3植物の光合成にどのような変化があらわれると予想されるか、説明しなさい。ただし、光呼吸は温度が高くなるほど活性が高くなることを考慮に入れること。

問4. C4植物と同様に、細胞に取り込んだ二酸化炭素を使ってC3化合物をC4化合物に変換し、それを脱炭酸することで生じた二酸化炭素を炭酸固定反応に用いる植物が知られている。この植物に関する以下の小問(1)、(2)に答えなさい。

(1) この植物の名称を答えなさい。

(2) この植物は、なぜこのようなしくみを利用しているのか、説明しなさい。