

問題 1

出題意図

DNA 修復機構とその応用の理解を問う出題である。

解答例

問 1-1 セントラルドグマ

問 1-2 塩基配列とアミノ酸配列の違いに着目して、翻訳という言葉の意味を説明できていればよい。

問 1-3 0.92

問 1-4 ①発現異常など

②同義置換、非同義置換、ナンセンス変異など

③スプライシング異常など

問 1-5

非相同末端連結、相同組み換えによる修復

二本鎖切断が生じた細胞が M 期もしくは G₁ 期ならば非相同末端連結が、S 期もしくは G₂ 期ならば相同組み換えによる修復がそれぞれ働く。

問 1-6

ゲノム編集、Error-prone PCR などの技術名とその仕組みが説明出来ていればよい。

問題 2

出題意図

基本的なミクロ系分野の知識、および実験結果を読み取り知識を活用できるかを問うた。

解答例

問 2-1

mRNA を逆転写して得られた DNA。

問 2-2

L1 幼虫を形成する（特徴を発達させる、なども可）。

問 2-3

lin-4 は *lin-14* の翻訳を阻害する。

問 2-4

lin-4 は翻訳を阻害すること、*lin-14* の 3' 側非翻訳領域に変異が入ると *lin-4* が働かなくなることから、*lin-4* はこの領域に働きかけて翻訳阻害をしていることになる。このような働きをするものに miRNA があり、*lin-4* は *lin-14* の mRNA 分解を引き起こす miRNA だと考えられる。二重変異体では、もともと *lin-14* が機能喪失しているので、*lin-4* 遺伝子の阻害機能がなくても (A) と同様の表現型になることになる。

問題 3

出題意図

植物の種内の個体間競争に関する知識を問う問題である。

解答例

問 3-1

(1) 最終収量一定の法則

(2) 個体間競争によって、高密度個体群ほど個体の生存率と成長率が低下するため。

問 3-2

(1) $-3/2$ 乗則

(2) 個体重(W)は体積(V)に比例し ($W \propto V$)，体積は長さ(L)の 3 乗に比例する ($V \propto L^3$)．植物個体の占有面積(S)は長さの 2 乗に比例する ($S \propto L^2$)．したがって， $S^{1/2} \propto L \propto W^{1/3}$ ，つまり $W \propto S^{3/2}$ となる．1 個体の占有面積は密度(D)に反比例する ($S \propto 1/D$)．したがって， $W \propto (1/D)^{3/2}$ ，つまり $W \propto D^{-3/2}$ となり，両対数グラフでの個体密度と平均個体重の傾きは個体の占有面積と体積から幾何学的に説明できる．

問題 4

出題意図

あらゆる生物学分野における基盤となる「分類学」について、その基礎的な理解や階層的な分類体系を正しく理解できているか否かを問う。また、遺伝子配列の類似性に基づく系統分類が盛んに実施され、次世代シーケンサーの台頭により解析対象となる遺伝子領域の観点においても、ゲノムワイドな塩基多型データが汎用されるようになっていることから、そうした礎の構築に寄与した分岐学（分岐分類学）に関する基本的な理解度を確認する。

解答例

問 4-1 属名と種小名の 2 語を組み合わせた「二名法」

問 4-2

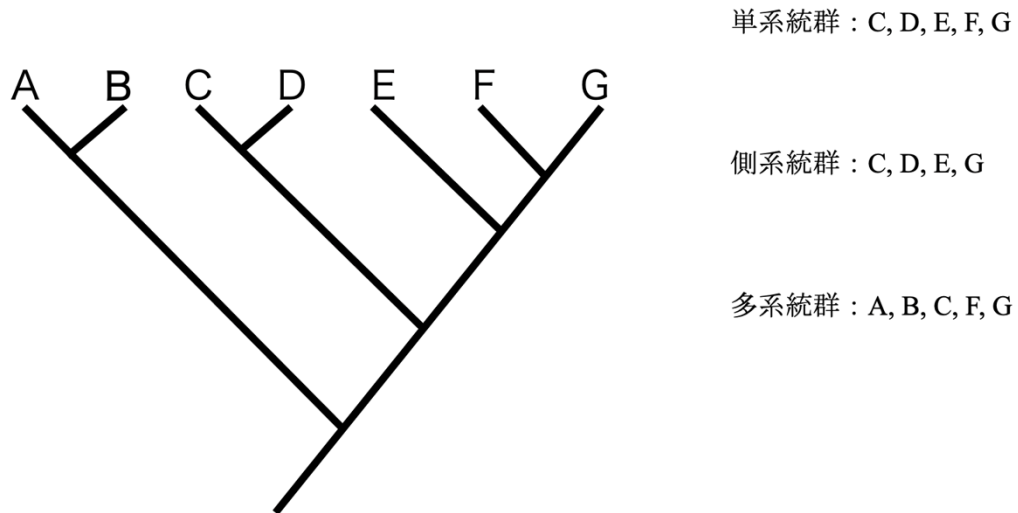
トキを例として取り上げ、分類体系を階層的に示す

動物界 *Animalia*
脊索動物門 *Chordata*
鳥綱 *Aves*
ペリカン目 *Pelecaniformes*
トキ科 *Threskiornithidae*
トキ属 *Nipponia*
トキ *Nipponia nippon*

問 4-3

分岐学はヘニツヒにより提唱された分類学分野の一つの系統関係推定法であり、種や系統が分化する際には、二分岐を基本とする。分岐学では、単系統性が支持される「単系統群」だけが分類群（タクサ）として評価される。これ以外の側系統群や多系統群については、分類群として認めない。単系統群は共有派生形質で特徴づけられる分類群であり、いくつかの分類群がある特定の形質を共有していたとしても、その形質が共有祖先形質である場合には、側系統群や多系統群として扱われ、対象とするグループは分類群としては認められなくなる。

問 4-4



問 4-5

分岐分類学を厳密に適用すると、側系統群である魚類や爬虫類などは分類群（タクサ）として認められず、従来の生物分類体系では馴染みの深い分類群においては混乱が生じてきた。

多くの生物における種分化では、種（仮に種 A とする）内のごく一部の地域個体群において突然変異が生じ、やがては別種（仮に種 B）へと分化するようなプロセスが、種分化プロセスとして想定されるが、このように種 B の起源を種 A 内の一部に仮定することは、残る種 A は側系統群となることから、分類学的な矛盾を孕んでいると考えられる。

問題 5

出題意図

一般的、日常的な英語能力を問うた。

問題 6

出題意図

大学において必要とされる英文読解力を問うため。

2024 年 6 月 7 日

信州大学理学部理学科生物学コース

2025 年度 3 年次編入試験

問題用紙

注意

- 1) 試験時間は 10:00 から 12:30 までです。
- 2) この問題冊子は表紙を含めて 9 ページです。すべての問題に解答すること。
- 3) 解答用紙は 7 枚です。解答はすべて解答用紙に記入すること。
- 4) すべての解答用紙の右上に受験番号を記入すること。
- 5) この問題用紙は試験終了時に解答用紙と一緒に回収します。

生物

問題1 以下の文章を読み、問に答えよ

A DNA の遺伝情報は mRNA に転写されたのち、タンパク質に翻訳される。DNA が損傷すると遺伝情報とは異なるタンパク質が翻訳される可能性があるため、生物には DNA 損傷を修復して遺伝情報を維持する仕組みが備わっている。

問 1-1 1958 年に Francis Crick 博士により提唱された、下線部 A の概念を何というか？

問 1-2 mRNA からタンパク質が合成されることを何故「翻訳」というのか。考えを「転写」と対比させて述べよ。

問 1-3 DNA ポリメラーゼは間違えて重合した DNA を校正する機能を有している。仮に DNA 複製時の変異率が 1000 万塩基につき 1 塩基程度の場合、大腸菌の複製 1 回あたり変異する塩基はいくつか？大腸菌のゲノムサイズは 4.6 Mbp とする。

問 1-4 下図は真核生物の染色体の一部を表している。①～③で示した箇所に一塩基置換が生じた場合、それぞれどのようなことが起こると考えられるか？考えられるだけ挙げよ。



問 1-5 DNA の二本鎖切断が生じた際に機能する修復機構を 2 つ答えよ。また、二本鎖切断時にこれら 2 つの修復機構のどちらが働くかはどのように決まるか。

問 1-6 DNA 損傷もしくは DNA 修復機構を利用したバイオテクノロジーを一つあげ、どのような仕組みによるものか説明せよ。

問題2 以下の文章を読み、問1～問5に答えよ。

センチュウ *Caenorhabditis elegance* (*C. elegance*) は遺伝学的解析に適したモデル生物として多くの研究で利用されている。野生型センチュウ胚はL1幼虫として孵化し、この幼虫が脱皮を繰り返してL2、L3、L4幼虫の各発生段階を経て成虫になる。このセンチュウに人為的に突然変異源を作用させて突然変異体を多数集め、それらの中から幼虫の脱皮に関する変異体をスクリーニングしたところ、以下の変異体を得られた。

(A) *lin-14* 遺伝子の機能喪失変異体：L1幼虫期をスキップしてL2幼虫として孵化し、その後、脱皮を経て後L3、L4幼虫となる。

(B) *lin-14* 遺伝子の機能獲得変異体：L1幼虫として孵化するが、脱皮を繰り返してもL1幼虫のままである。

野生型の個体で、ここで見つかった *lin-14* 遺伝子のmRNA量とタンパク質量を調べたところ、*lin-14* mRNAの量は各発生段階を通じて一定であったが、LIN-14タンパク質はL1幼虫期に多く、L2幼虫期では著しく減少しており、L3幼虫期以降にはほとんど検出されなかった。

上記変異体 (A) と (B) それぞれの *lin-14* cDNA中で変異のある位置を調べたところ、(A) では翻訳領域に変異が見られ、(B) では終始コドンより下流の非翻訳領域に変異が見られた。

さらに (B) と同様の表現型を示すものの、異なる遺伝子である *lin-4* の機能喪失変異体 (C) が得られた。そこで *lin-4* 遺伝子の機能喪失変異と *lin-14* 遺伝子の機能喪失変異とを二重にもつ個体を作製したところ、この個体は *lin-14* の機能喪失変異体 (A) と同じ表現型を示した。

問2-1 下線部のcDNAとは何か、説明せよ。

問2-2 発生過程におけるLIN-14タンパク質の役割を推定せよ。

問2-3 *lin-14* 遺伝子と *lin-4* 遺伝子の間にどのような遺伝学的関係があるか、説明せよ。

問2-4 上記問3の関係がどのような仕組みによると考えられるか、また2重変異体がなぜ (A) と同様な表現型になるのかについて、いずれも理由を含め述べよ。

問題 3 植物個体群の成長に関して、以下の問いに答えよ。

問 3-1 植物の種子をいろいろな密度で播種すると、成長後の単位面積あたりの植物体の重量は、播種密度に比例して増加するが、ある程度以上の播種密度では増加しなくなる。このような現象は一般的にみられることで、ある法則名がある。

(1) その法則名を答えよ。

(2) このような現象が生じる理由を述べよ。

問 3-2 同一種の植物の種子を高密度で播種すると、個体密度が減少しながら、個体群は成長していく。成長期の個体群の個体密度と平均個体重の時系列的な変化を両対数グラフにプロットすると、ある傾きの直線にそって個体密度と平均個体重が変化することが認められる。この関係は多くの草本植物と木本植物で観察されている。この関係には、ある法則名がつけられている。

(1) その法則名を答えよ。

(2) 下線部分に関して、この傾きが生じる理由を幾何学的に説明せよ。

問題4 生物の分類に関する次の文章を読み、下の問いに（問1～5）に答えよ。

古代より、人々は自然界の生物に対してさまざまな切り口から「仕分け」をしてきた。食用として利用可能な生物や有毒であるために利用できない生物などの識別は、命に関わることもあるため、正しい理解や文化としての伝承は重要事項であった。

学問としての生物分類学に大きく貢献した人物としては、18世紀に、(a)生物命名法を提唱したリンネ（Carl Linnaeus）がよく知られる。リンネは、生物の形質に応じた、(b)階層的なグループ分け、すなわち分類体系における標準的方式を確立したことから、「分類学の父」とも呼ばれている。

1950年代に入ると、ヘニッヒ（Willi Hennig）により、(c)分岐学（分岐分類学、Cladistics）が提唱された。これ以前の分類学では、目につきやすい特定の形質が注目され、進化史のなかでの形質の変遷が恣意的に解釈されることや、研究者による評価の相違もみられたが、分岐学では個々の形質の重みは等価とみなされ、多くの形質を比較することが重要視され、進化における分岐パターン究明（分類体系構築）のための厳格なルールが確立された。分岐学には、形態形質をはじめとするあらゆる形質が適用可能であり、塩基配列やアミノ酸配列などとの相性がよく、(d)コンピュータ性能の高度化も伴い、今日では分子系統解析における中核的手法となっている。

問 4-1 下線部（a）について、リンネが提唱した生物命名法とはどのようなものであるか、簡潔に説明せよ。

問 4-2 下線部（b）の階層的なグループ分けについて、今日の分類学では、種を基本単位とし、類似した形質をもつ種同士がまとめられて一段階上層のグループが設けられ、さらに似たグループ同士がまとめられてさらに上層のグループが設けられている。実在するいずれか一つの生物種を取り上げ、その種が所属する上層の分類群名を階層的（体系的）に記述せよ。

問 4-3 下線部 (c) について、分岐学 (分岐分類学) とはどのような特徴をもつ分類手法であるか、簡潔に説明せよ。ただし、以下の [] 内の語句を全て用いて解答すること。

[二分岐、単系統群、共有派生形質、共有祖先形質、側系統群、多系統群]

問 4-4 分岐分類学では、単系統群、側系統群、多系統群の見極めが重要となる。A~F の 6 つの OTU (operational taxonomic unit) からなる分岐図 (6 つの OTU の系統関係性については自由に設定して構わない) を一つ作図し、単系統群、側系統群、多系統群それぞれの OTU の組み合わせとして適切なものを一つずつ例示せよ。

問 4-5 下線部 (d) に記述されているように、分岐学は今日の重要な分類学の中核的な存在である一方、厳格な分岐学の適用に関しては、しばしば混乱も招いてきた。具体的な問題事例を取り上げ、簡潔に説明せよ。

英語問題は理学部入試事務室窓口で閲覧できます。