

信州大学理学部理学科生物学コース

2021年度3年次編入試験

生物学

出題意図および正答例

問題 1

問 1-1

ヒストン
エクソン
イントロン
選択的スプライシング
Cap 構造
ポリ A テール

問 1-2

クロマチン

転写が起こる状態：ユークロマチン

転写が強く抑制されている状態：ヘテロクロマチン

問 1-3

エクソンの組み合わせを変えることで1つの mRNA 前駆体から複数種の成熟 mRNA を産出でき、遺伝子の数より多いタンパク質を生み出せる。

問 1-4

はじめに mRNA の 5'末端にある Cap 構造に翻訳開始因子が結合する。その後、最初のアミノ酸であるメチオニンのトランスファーRNA (tRNA) とリボソームの小サブユニットが結合した状態で翻訳開始因子-mRNA 複合体へ結合する。リボソームが mRNA 上を走査し開始コドンに到達すると大サブユニットが結合し翻訳が始まる。逐次的にコドンに対応した tRNA がリボソームに取り込まれ、ペプチド結合が形成されポリペプチドが合成される。対応する tRNA がないコドン(終始コドン)に到達すると翻訳終結因子がリボソームに取り込まれ翻訳は終結しポリペプチドが切り離される

問題 2

問 2-1

グルコースが単糖でラクトースが二糖なので、炭素源として消費する際、ラクトースはグルコースに比べて 1 段階多くの代謝ステップを必要とし、よりコストがかかるため。

問 2-2

0-80 min : グルコース有、ラクトース有。グルコース存在下ではラクトース輸送体が不活性化されるため、細胞内にはラクトースが取り込まれない。よって、Lac リプレッサーが Lac オペレーターに結合したままであり、ラクトースオペロンは活性化していない。

80-110 min : グルコース無、ラクトース有。培地からグルコースが無くなり、ラクトース輸送体が活性化される。細胞内に取り込まれたラクトースは Lac リプレッサーに結合し、Lac リプレッサーの Lac オペレーターへの結合を阻害する。よって、ラクトースオペロンに RNA ポリメラーゼが結合できるようになり、転写が始まる。この転写開始までの間、糖代謝能が低下するため、生育曲線はほとんどフラットになる。

110-200 min : グルコース無、ラクトース有。ラクトースオペロンが活性化されており、大腸菌の増殖が再開する。ただし、グルコースに比べるとラクトース代謝時の生育曲線の傾きは小さい。

問題 3

出題意図 :

系統分類学の基礎である系統樹の読解力、および分岐分類学の基本的事項の理解度、これらに関連する一般的な事例を列挙できる基礎力を問うための出題

問 3-1

イチジクとイチジクコバチの共進化 :

イチジク類は「花囊」と呼ばれる特殊な形態の花をもち、この花に辿りつくことができる昆虫はコバチ類に限られることから、コバチ類が唯一の花粉送者(ポリネーター)となる。コバチ類の幼虫はイチジクの種子を餌資源として利用する。このような両者の強い共生関係の結果、イチジク類とコバチ類の系統関係は、図の種 F-I と種 v-z の関係性のよう、互いによく似た種分化パターンを示すことが知られている。

問 3-2

単系統群 : 昆虫種 G と共生関係をもつ共生微生物 w 種と x 種は同じ祖先から種分化した姉妹群関係にあり、このように共通祖先に由来する全ての子孫で構成されるグループを単系統群という。

側系統群：種 o の共生微生物をもつ昆虫種 A+B+C+D+E は、同じ共通祖先に由来する昆虫種 F+G+H+I からなる単系統群が含まれていないことから単系統群とはみなされず、側系統群として扱われる。

多系統群：種 u を共生微生物とする昆虫種 A+C+E は、単系統群でも側系統群でもなく、異なる祖先に由来する多系統群に相当する。

固有派生形質：昆虫種 F はこの種だけが保有する特殊な形質をもつ。このように特定の種群のみが獲得した派生的な形質を、その種群に固有の派生形質という。

共有派生形質：単系統群である昆虫種 A+B+C+D は、この 4 種の共通祖先が新たに獲得した派生形質をもち、このような単系統群を規定するようなそのグループに共有される形質を共有派生形質という。

共有祖先形質 (共有原始形質)：種 o の共生微生物をもつ昆虫種 A+B+C+D+E には共通する形質がみられるが、その形質が昆虫種 F+G+H+I には保有されていない場合、形質の獲得は昆虫種 F+G+H+I も含めた共通祖先であると考えられる。このような形質を共有祖先形質という。

宿主特異性：昆虫種 F+G+H+I と、それらの共生微生物種 v+w+x+y+z は、互いの系統分化のパターンに基づき、共進化してきたと考えられる。共進化の原動力として考えられるのが、特定の昆虫種と共生微生物種との強い共生関係であり、このような関係を宿主特異性という。

宿主転換 (ホストスイッチ)：共生微生物種 r は昆虫種 C や E との共生関係をもつ。もともと一方の昆虫種との共生関係をもっていたものが、何らかの要因により別の昆虫種とも共生関係をもつ個体が出現した場合や、ある時点から共生関係をもつ対象種が交代するような現象を宿主転換という。

問 3-3

「爬虫類」は伝統的に用いられてきた動物群で、比較的好くまとまった形質で特徴づけられる。しかし今日では、この「爬虫類」の一部の系統から鳥類が派生したことは確実視され、分岐分類学的には、単系統群ではない「爬虫類」は側系統群として扱われる。分岐分類学の原則に従い、単系統群だけを分類群として見なすならば、爬虫類をいくつもの分類群 (単系統群) に分割しなければならず、伝統的な分類体系を採用できないだけでなく、多数の分類群を設立しなければならなくなる。

問題 4

出題意図：

生物の行動についての具体的な記述内容を読み取ることができるか、また問題文を的確に理解した上で、論理的に思考した上で解答することができるかを問う。

問 4-1

$$-55 \times 1 + 90 \times 0 = -55$$

問 4-2

タカ派のみの集団では、ハト派の戦略の利得が 0 となり、タカ派の平均利得-55 より有利である。よってタカ派が多い集団では、ハト派が増加する。一方で、ハト派のみの集団では、タカ派が生じれば、競争にすべて勝つので、タカ派の利得は 90 となり、この集団ではタカ派が有利になり、タカ派が増加すると考えられる。以上のように、タカ派のみハト派のみの集団では、他の戦略が広がる余地をのこしているため。

問 4-3

$$-55p + 90(1-p) = 0p + 25(1-p)$$

$$p = 13/24$$

よって、タカ派 : ハト派 = 13 : 11

2020年11月13日

信州大学理学部理学科生物学コース 2021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8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。

生物学

問題1 文章を読み、問に答えよ。

遺伝子は DNA の一部分であり、①DNA は (①) に巻きつき圧縮されて核内に格納されている。(①) の N 末端尾部がアセチル化などの化学的な修飾を受けることで DNA と (①) の結合状態が変化し、プロモーターに転写因子が結合できるようになりメッセンジャーRNA (mRNA) への転写が起こる。転写直後の mRNA 前駆体にはアミノ酸配列がコードされている (②) と呼ばれる領域と、それ以外の (③) と呼ばれる領域がある。(③) を除外し任意の (②) を連結することを (④) という。mRNA 前駆体は (④) 以外にも、5'末端に (⑤) が付加されまた 3'末端に (⑥) が付加されることで成熟した mRNA となる。成熟後、mRNA は細胞質へ運ばれタンパク質へ②翻訳される。

問 1-1 (①) ~ (⑥) に適切な語句をいれよ。

問 1-2 下線①の構造体をなんと呼ぶか答えよ。また、その構造体には、転写が起こる状態と転写が強く抑制されている状態の2つがある、それぞれの名称を答えよ。

問 1-3 (④) は真核生物特有の現象である。この現象が起こることによってどのような利点があるのか述べよ。

問 1-4 下線②の工程を説明せよ。

問題2 文章を読み、問に答えよ。

大腸菌をグルコースとラクトースを含む培地で培養すると、3段階の生育曲線を描く(図1 ▲)。培養期間中の各糖の濃度を測定すると、グルコース濃度は実験開始直後から低下し、一定時間経過後にはほとんど検出されなくなった(図1 ■)。一方、ラクトースは実験期間中最後まで高濃度を維持していた。実験期間中の大腸菌のガラクトシダーゼ活性を測定したところ、実験開始後100分を過ぎてから活性が上昇することが判明した(図1 ◆)。

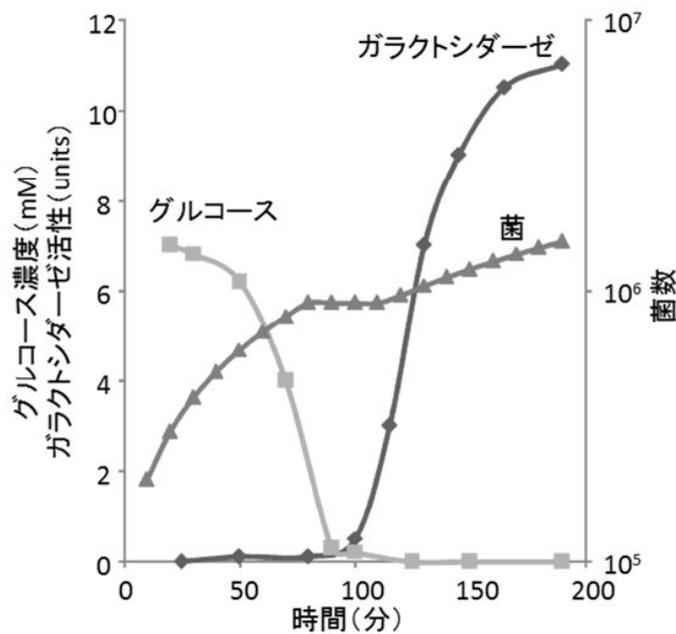


図1

問 2-1 大腸菌がグルコースを優先的に炭素源として消費するのは何故か。グルコースとラクトースの構造式の違いから説明せよ。

問 2-2 3段階の生育曲線が測定されたそれぞれの実験期間(0-80分、80-110分、110-200分)において、大腸菌のラクトースオペロンがどのように制御されているか説明せよ。

問題3 文章を読み、問に答えよ。

生物の世界では様々な種群が互いに関係をもちながら生存しており、このような現象は生物間相互作用と呼ばれている。資源を巡る競争や捕食・被食の関係のほか、共生や寄生なども生物間相互作用の一つとされる。下の図2は、ある食植性昆虫類9種の系統関係と、その昆虫類の消化管内に共生する微生物種の系統関係を示したものである。共生関係にある昆虫種と微生物種が点線で結ばれている。

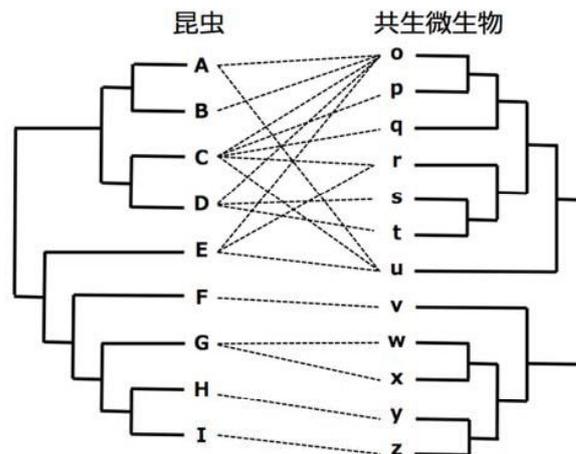


図2

問3-1 昆虫種F-Iと共生微生物種v-zは互いの樹形がよく似通っており、共進化（共種分化）が生じたと考えられる。自然界における共進化の具体的な事例を一つあげ、互いにどのような関係にあるのかを簡潔に説明しなさい。

問3-2 昆虫（種A-I）と共生微生物（種o-z）の系統関係を具体例として適当に用いながら、①～⑧の用語を簡潔に説明しなさい。

- ①単系統群、②側系統群、③多系統群、④固有派生形質、⑤共有派生形質、⑥共有祖先形質（共有原始形質）、⑦宿主特異性、⑧宿主転換（ホストシフト）

問3-3 分岐分類学では共有派生形質を保有する単系統群のみが「分類群（taxon、taxa）」としてみなされる。このことは、明確な原則である一方で、伝統的な分類体系を棄却するなどの問題も含んでいる。広く知られてきた伝統的な生物分類群（生物グループ）のうち、分岐分類学では分類群とみなされない事例を一つ取り上げ、どのような点が問題であるのか（単系統群とみなされない理由など）を簡潔に説明しなさい。

問題 4 文章を読み、問に答えよ。

生物の行動の進化には頻度依存淘汰が関わる場合がある。ある生物が餌資源をめぐる種内で競争しており、個体がとりうる戦略は「タカ派」戦略と「ハト派」戦略の2つであると仮定する。

タカ派は出会った相手を攻撃する戦略で、タカ派どうしが出会うと、競争に勝った場合は利益を独占できるが、負けた場合は大きな損害を被る。一方のハト派は、出会った相手の力を儀式的な行動で査定する戦略で、ハト派どうしが出会うと、儀式的な行動をお互いに繰り返し、時間をかけて相手の強さを査定する。タカ派とハト派が出会うと、タカ派は相手を攻撃し、ハト派は攻撃を避けすぐに逃げる。

ここで、タカ派 vs タカ派とハト派 vs ハト派の勝率を $1/2$ とする。また、タカ派 vs ハト派ではタカ派が必ず勝ち、ハト派はコストなしに引き下がる。さらに、タカ派、ハト派ともに、競争に勝った場合の利益を 90 とし、タカ派同士の競争で敗れた場合のタカ派の損害を -200 、ハト派同士の場合は勝者は 90 の利益を得るが勝者、敗者共に -20 の儀式に費やすコストを被るとする。攻撃者の利得（利益-コスト）をまとめると表のようになる。この利得の得点に応じて個体の適応度が決まると考え、集団中のタカ派戦略とハト派戦略のうち有利な方が増えていくとする。

表 1

		対戦者	
		タカ	ハト
攻撃者	タカ	$1/2 (90) + 1/2 (-200)$ $= -55$	90
	ハト	0	$1/2 (90-20) + 1/2 (-20)$ $= 25$

問 4-1 仮に、タカ派のみの集団を想定した場合の個体当たり平均利得を求めよ。

問 4-2 集団中にタカ派とハト派という2つの戦略があるとき、タカ派のみ、ハト派のみの集団に安定することはなく、必ず他方の戦略が入り込んでしまう。これはなぜか説明せよ。

問 4-3 この例において、進化的に安定な状態の集団では、タカ派とハト派の比は何対何になるか。

英語問題は理学部入試事務室窓口で閲覧できます

英語問題は理学部入試事務室窓口で閲覧できます