

信州大学理学部理学科生物学コース

2024 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

出題意図

生物多様性の基礎的なことを理解しているかどうかを問う問題である。

問 1-1 均等度

問 1-2 ア) α 多様性, イ) β 多様性, ウ) r 多様性

問 1-3 温帯湿潤林) B, 熱帯乾燥林) C

問 1-4 熱帯雨林は他の森林に比べて種数が多いだけでなく, 種の均等度も高い。

問 1-5 岩礁の潮間帯では, ヒトデを頂点にした生態系がある。ヒトデはフジツボやイガイなどの固着生物を捕食している。ヒトデを実験的に除去した研究では, イガイが急増したため, 潮間帯の種多様性が減少した。この生態系では, ヒトデがキーストーン種であり, ヒトデがイガイを選択的に捕食することで潮間帯の種多様性が維持されていた。

問題 2

出題意図

問題文を注意深く読みとる能力があるか。初めて知った生物現象に対して、短時間で的確に理解することができるか。生物学の専門を学ぶ上で基礎的な知識である「種分化」について、正確に理解しているか。

問 2-1 異所的種分化：地理的な障壁などにより 1 種が 2 つの集団に分けられた後、たがいに交配することなく長期間が過ぎた後、再び両者が出会った場合、もう交配ができなくなって別の種になってしまう。

同所的種分化：同じ場所にすんでいる 1 種の昆虫の中に、もともと食べていた植物とは異なる植物種に依存するものたちが出現した場合、親は幼虫の頃食べていた植物上で配偶し、産卵するため、新たな植物だけに依存する集団が元の集団とはいずれ交配できなくなり、別の種になってしまう。

(別解) 染色体の倍数化による種分化も同所的種分化の一種である。この場合、倍数化した個体は、他の個体と交配しても子孫を残せないため、生殖隔離され、新たな種が誕生する。

問 2-2 ②

問 2-3 ①と④

問 2-4 ②

問 2-5 ②

問 2-6 ①

問題 3

出題意図

生化学の基本的な事項に対する理解を問う問題である。

問 3-1	イ) ピルビン酸	ロ) リパーゼ
	ハ) グリセロール (グリセリン、モノグリセリド)	ニ) アセチル CoA
	ホ) 尿素回路 (オルニチン回路)	
問 3-2	<p>マルトース：グルコース (ブドウ糖)</p> <p>ショ糖：グルコース (ブドウ糖) とフルクトース (果糖)</p> <p>還元性を示すには遊離のアルデヒド基が存在する必要があるが、マルトースはグルコースの 1 位ともう一方のグルコースの 4 位の間で結合しており ($\alpha(1-4)$ 結合)、結合に関わっていない 1 位の位置で遊離のアルデヒド基を生じるが、ショ糖はグルコースの 1 位とフルクトースの 2 位の位置で結合しており ($\alpha(1-2)\beta$ 結合) 遊離のアルデヒド基を生じないため。</p>	
問 3-3	<p>デンプンでは一位の炭素が α 型のグルコースが重合 ($\alpha(1-4)$ 結合)、セルロースでは一位の炭素が β 型のグルコースが重合 ($\beta(1-4)$ 結合)</p>	
問 3-4	<p>リボース、リブロース、キシロース、キシルロース、アラビノースなど</p>	
問 3-5	<p>グリセルアルデヒド 3 リン酸</p>	
問 3-6	<p>NADH (NAD⁺)、FADH₂ (FAD)</p>	
問 3-7	<p>解糖系での ATP 合成はリン酸化された基質からリン酸基が ADP に渡されることで生成するが、電子伝達系では形成されたプロトンの濃度勾配によるポテンシャルエネルギーを用いて ATP 合成酵素を回転させ ATP を生成する。</p>	
問 3-8	<p>脱共役剤はミトコンドリア内膜における電気化学的勾配 (プロトンの濃度勾配) を解消する。</p>	
問 3-9	<p>β 酸化、NADH および FADH₂</p>	
問 3-10	<p>8 分子</p>	

問題 4

出題意図

脊椎動物の発生における神経誘導の仕組みを、与えられた情報と実験結果をもとに論理的な結論を導けるかを問う問題である。

問 4-1 タンパク質 mR の遺伝子から合成された大量のタンパク質 mR がタンパク質 R と結合することでタンパク質 R とうしの結合が妨げられ、受容体と結合するタンパク質 R2 が生じなくなる。

問 4-2 外胚葉を表皮に分化させる。

問 4-3 タンパク質 S がタンパク質 R2 の受容体結合部位に結合して受容体との結合を阻害したから。

問 4-4

(A) 原口背唇部（または原腸蓋予定脊索領域）

(B) タンパク質 R2 は外胚葉を表皮に分化させる[神経に分化することを妨げる]が、原口背唇に由来する脊索で合成されたタンパク質 S は外胚葉で合成・分泌されたタンパク質 R2 と結合して受容体との結合を阻害し、たんぱく質 R2 の作用を受けられなくなった脊索周辺の外胚葉が神経に分化する。

2023年6月2日

信州大学理学部理学科生物学コース

2024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12ページです。すべての問題に解答すること。
- 3) 解答用紙は6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 以下の文章を読み、問1-1～問1-5に答えよ。

ある一つの生物群集に含まれる種の組み合わせの豊富さの程度を意味する概念として種多様性という言葉が使われている。種多様性の基準のひとつは、群集を構成するすべての種の数である。しかし、種数が同じでも種多様性が常に同じであるとは限らない。

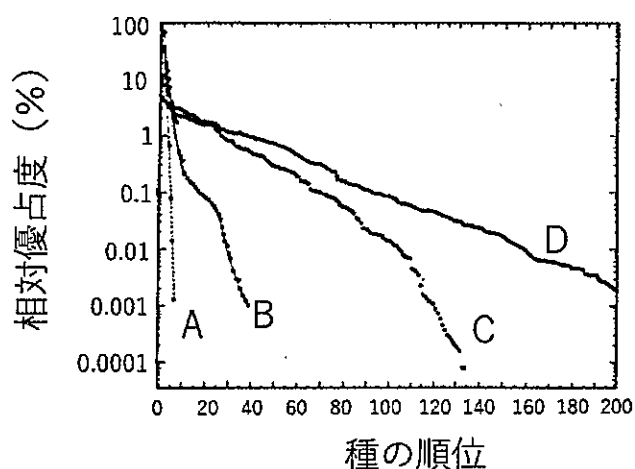
種多様性という概念を理解するうえで重要なことは、種多様性が空間のスケールに依存するという点である。一般に大面積の調査区画を小面積の区画に分けた場合、小区画内の種多様性を（ア）、小区画間での種組成の違いを（イ）、全体の種多様性を（ウ）という。

異なる生物群集の種多様性を比較する時、しばしば相対優占度曲線が利用される。相対優占度曲線とは、横軸に個体数や現存量の多い順に並べた種の順位を、縦軸にそれぞれの種の相対優占度をとり、結んだ線である。

問1-1 下線に関して、種数のほかに、どんな要因が種多様性に重要であると考えられるか、その要因名をひとつ挙げよ。

問1-2 文中の（ア）～（ウ）に適する語句を答えよ。

問1-3 右の図は、温帯亜高山帯針葉樹林、温帯湿潤林、熱帯雨林、熱帯乾燥林の相対優占度曲線である。A～Dのうち、温帯湿潤林と熱帯乾燥林はどれか、答えよ。



問1-4 熱帯雨林の種多様性は他の3つの森林に比べて、どのような特徴があるか、50字以内で述べよ。

問1-5 群集の種多様性を維持する

うえで、「キーストーン種」が重要な働きをする場合がある。具体例をひとつあげて、キーストーン種によって種多様性が維持される仕組みを200字以内で説明せよ。

問題2 以下の文章を読み、問2-1～問2-6に答えよ。

<文1>

系統進化的な視点が、種間相互作用を理解する上で重要であることを示した例として、おそらく最も有名なのは、カリブ海に浮かぶ島々のアノールトカゲの研究だろう。小さい島々からなる小アンティル諸島には、それぞれ1種または2種の *Anolis* 属のトカゲが共存している。興味深いことに、トカゲが2種いる島では、どの島でもかならず一方のトカゲ種が大型で他方が小型になっている。一方、1種のみが生息している島ではトカゲはかならず中程度の大きさである。こうした定型的なパターンはどのようにして生まれたのだろうか。J・B・ロソスらは、2種類の異なる過程によってこのパターンが生まれたことを明らかにした。小アンティル諸島の北部と南部では、このパターンを生み出す進化的な過程が違っていたのである。

その過程の一つは、もともとは1種が島へ侵入し、その後サイズの異なる2種へと1種分化していったというものである。これは北部の島々でのみ、おこっていた。一方、南部の島々では、もともと大きさの異なる2種の組み合わせだけが、(おそらくサイズが異なるがゆえに) 島へ定着することに成功し、その結果、現在のようなパターンが生まれていた。すなわち、現在の群集に見られる同じ一つのパターンが、まったく異なる2つのプロセスによってそれぞれ生み出されたのだ。この興味深い結果は、トカゲの系統関係を調べることによってはじめて明らかになった。①<空所1>

<文2>

ロソスらが小アンティル諸島のアノールトカゲについて行った研究は、さらに刺激的なものであった。キューバ、イスパニオラ、ジャマイカ、そしてプエルトリコの4つの大きな島に、目立つアノールトカゲがそれぞれ3種ずつ生息している。島ごとに進化は独立におこったにもかかわらず、それぞれの島の3種は、同様なパターンで生態的地位(ニッチ)を違えていたのだ。すなわち、どの島でも1種は下草の中だけに、2番目の種は木の枝先だけに見られ、3番目の種は、幹の根元近くにいて地上で採餌をしていた。さらに、これら3種はそれぞれが生息環境に適応した形態を進化させていた。例えば下草にすむ種は細身で尾が長く、木の幹にいる種はがっしりして肢が短かった。このようなこと、すなわち近縁種どうしが形態や生息場所を違える、ということ自体は珍しいことではない。例えば②<空所2>にも見られることだ。しかし、小アンティル諸島のアノールトカゲがユニークなのは、4つの別々の島で独立に、まったく同じ進化がおこったという点にある。

島ごとの3種のトカゲがどのように起源したかについて、ロソスらは二つの対立する仮説をたてた。一つは、各島のアノールトカゲ類が、どこか1ヶ所の島(あるいは大陸)で、特殊化した3種に種分化した後、3種のスペシャリストがそれぞれ流木に乗るなどして海を越えて四つの島それぞれへひろがっていった、というものである。この場合、系統樹を描けば、③<空所3>が近縁になるはずである。一方、もう一つの仮説は、それぞれの島に、まず1種のトカゲが入植した後、島ごとに独立にスペシャリストへと種分化していった、というものである。この場合、④<空所4>が近縁になるはずである。

このどちらの仮説が正しいかを検証するために、彼らは、小アンティル諸島の四つの

島に生息するアノルトカゲの分子系統樹を構築した。系統解析の結果は、6) <空所 5>の仮説を支持した。すなわち、島ごとのトカゲは、その外見や生態がまったく異なっているにもかかわらず、系統的に極めて近縁なもの同士だったのである。このことは、7) <空所 6>小アンティル諸島と同様、生物が島ごとに独立に、おなじ様式で進化したことを示している。

問 2-1 <文 1>の下線部 1) について、一般的に、種分化には異所的種分化や同所的種分化がある。このそれぞれについて、その種分化がおこる過程を分かりやすく説明しなさい。

問 2-2 <文 1>の下線部 2) <空所 1>に当てはまる文章として、以下のどちらが有効か。選びなさい。

- ① 北部の島々では、島ごとの 2 種はそれぞれまったく別の祖先に由来する種であり、南部の島々では、島ごとの 2 種が最も近縁な姉妹種だったのである。
- ② 北部の島々では、島ごとの 2 種が最も近縁な姉妹種であり、南部の島々では、島ごとの 2 種はそれぞれまったく別の祖先に由来する種だったのである。

問 2-3 <文 2>の下線部 3) <空所 2>に当てはまる例として、以下のうち不適切なものを二つ選びなさい。

- ① シロアリとアリ
- ② イワナとヤマメ
- ③ モンシロチョウとスジグロシロチョウ
- ④ アカマツとカシ
- ⑤ ガラパゴス諸島のダーウィンフィンチ類

問 2-4 下線部 4) <空所 3>と下線部 5) <空所 4>に入れる言葉の組み合わせとして、以下のどちらが正しいか、答えなさい。

- ① <空所 3>同じ島のトカゲ同士－<空所 4>形態の似たもの同士
- ② <空所 3>形態の似たもの同士－<空所 4>同じ島のトカゲ同士

問 2-5 6) <空所 5>には、以下のいずれが入るか。

- ① 前者
- ② 後者

問 2-6 7) <空所 6>には、以下のいずれが入るか。

- ① 北部の
- ② 南部の

問題3 以下の文章を読み、問3-1～問3-10に答えよ。

動物は主に糖類、脂質、タンパク質からエネルギーを得ている。糖類にはグルコースやガラクトースなどの単糖類、①マルトースやショ糖などの二糖類、②デンプンやセルロースなどの多糖類がある。アルドヘキソース、すなわちアルデヒド基を持つ六炭糖であるグルコースは、解糖系の反応で③リン酸化されたアルドトリオースとなり、さらに数段階の反応を経て（イ）にまで代謝される。その生成物は、好气的条件ではミトコンドリア内で④クエン酸回路や⑤電子伝達系を介してATP生成に用いられる。

中性脂肪はまず消化管の中で（ロ）と呼ばれる脂質加水分解酵素により（ハ）と脂肪酸に分解される。脂肪酸からは⑥脂肪酸代謝反応により（ニ）が生成するが、それらはクエン酸回路に導入されATP生成に用いられる。

タンパク質は消化管の中でタンパク質分解酵素により分解される。生じたアミノ酸は再度タンパク質合成に用いられるが、一部はエネルギーとしても用いられる。この場合アミノ基を除去し残りの部分をエネルギーとして用いることとなるが、哺乳類では（ホ）と呼ばれる反応系で、生じる有害なアンモニアを処理している。

問3-1 カッコ（イ）～（ホ）に入る適切な語を記せ。

問3-2 下線部①に関して、マルトースおよびショ糖を加水分解すると生じるすべての糖の名称をそれぞれ記せ。また、マルトースは還元性を示すがショ糖は還元性を示さない理由を説明せよ。

問3-3 下線部②に関して、デンプン中のアミロースとセルロースの化学構造の違いを説明せよ。

問3-4 生体内に含まれる五炭糖の名称を一つあげよ。

問3-5 下線部③の化合物の名称を述べよ。

問3-6 下線部④に関して、クエン酸回路の酸化還元反応で使われる補酵素を2種類記せ。

問3-7 下線部⑤に関して、解糖系でのATP生成とミトコンドリアの電子伝達系によるATP生成の仕組みの違いを記せ。

問3-8 ジニトロフェノールなどの脱共役剤がミトコンドリアのATP合成を阻害する仕組みを記せ。

問 3-9 下線部⑥の反応系の一般名称を述べよ。またこの過程で生じる還元型補酵素の名称を記せ。

問 3-10 炭素数が 16 のパルミチン酸 1 分子からは (ニ) が何分子生成するか。

問題 4 両生類の発生における神経管は、原口背唇部に由来する脊索の上部をおおう外胚葉から分化する。この神経分化の仕組みについて、以下の実験 1~4 を読み、問 4-1 ~問 4-4 に答えよ。

実験 1：予定表皮領域で発現している遺伝子を調べたところ、全ての領域で細胞間の情報伝達分子であるタンパク質 R が発現していた。このタンパク質 R をコードする遺伝子をクローニングして、*in vitro* で発現させたところ、タンパク質 R は自律的に二量体 (R₂) を形成し、この二量体が受容体結合活性を持つことが示された。そこで人為的にタンパク質 R の遺伝子に突然変異を挿入したタンパク質 mR 遺伝子を合成し、*in vitro* でこの遺伝子由来のタンパク質 mR と正常な R を作り性質を調べたところ、R どうし、mR と R、および mR どうしのどの組み合わせでも二量体が形成されていた。

胚のすべての細胞にこのタンパク質 mR の遺伝子を大量に注入して胞胚の初期まで発生させた後、予定表皮領域である動物極周辺の細胞層を切り出してしばらく培養したところ、この領域でのタンパク質 mR の生成が検出され、その後、この外胚葉は神経に分化した。一方、突然変異遺伝子を注入せずに同様の実験を行ったところ、この細胞層から生じた外胚葉は表皮に分化した。

タンパク質 R₂ の働きにはタンパク質 S が関わるということが知られている。このタンパク質 S が情報伝達にどのように作用するかを調べるために実験 2~実験 4 を行った。

実験 2：タンパク質 S に結合する抗体を作りビーズに保持させ、まず、このビーズをタンパク質 S のみを含む生理食塩水に浸し、抗原抗体反応をさせた。ビーズをよく洗浄した後、酸性溶液に浸して洗浄されなかったタンパク質 (抗体に結合していたタンパク質) を溶出したところ、この溶出液中にはタンパク質 S が含まれていた。次にタンパク質 R₂ のみを含む生理食塩水にビーズを浸した後、同様の操作をしたところ、溶出液中にはタンパク質 R₂ は含まれていなかった。一方、タンパク質 S とタンパク質 R₂ の両方を含む生理食塩水にビーズを浸した後、同様の操作をしたところ、溶出液中にはタンパク質 R₂ とタンパク質 S の両方が含まれていた。

実験 3：タンパク質 R の受容体を発現する細胞を培養し、その培養液にタンパク質 R₂ を加えたところ、タンパク質 R₂ は受容体と結合した。しかしタンパク質 R₂ とタンパク質 S をあらかじめ混合した溶液を加えたところ、どちらも受容体と結合しなかった。

実験 4：胞胚から切り出した動物極周辺の細胞層を、タンパク質 S を培養液に加えて尾芽胚期に相当する時期まで培養したところ、細胞層から生じた外胚葉は神経に分化した。

問 4-1 実験 1 の結果からタンパク質 mR の遺伝子を注入された胚ではタンパク質 R のはたらきが阻害されたことが考えられる。なぜこのような阻害が起きたのか、その理由

を述べよ。

問 4-2 実験 1 の結果から、外胚葉の神経への分化におけるタンパク質 R の作用を記せ。

問 4-3 実験 2 と実験 3 の結果から、実験 3 下線部においてタンパク質 R2 はなぜ受容体と結合できなかったと考えられるか、説明せよ。

問 4-4 これらの結果を総合し、両生類胚における外胚葉の神経への分化がタンパク質 R とタンパク質 S の働きのみによって制御されると仮定すると、タンパク質 S は原腸胚の (A) どこで生成され、外胚葉の神経への分化に (B) どのように働くと考えられるか、述べよ。

英語問題は理学部入試事務室窓口で閲覧できます。