

# 信州大学理学部理学科生物学コース

## 2020 年度 3 年次編入試験

### 生物学

#### 出題意図及び正答例

#### 問題 1

##### 出題意図

系統分類学における基礎的事項を理解し、樹状図として描かれる系統関係をきちんと読み解く力が備わっているかを問う。

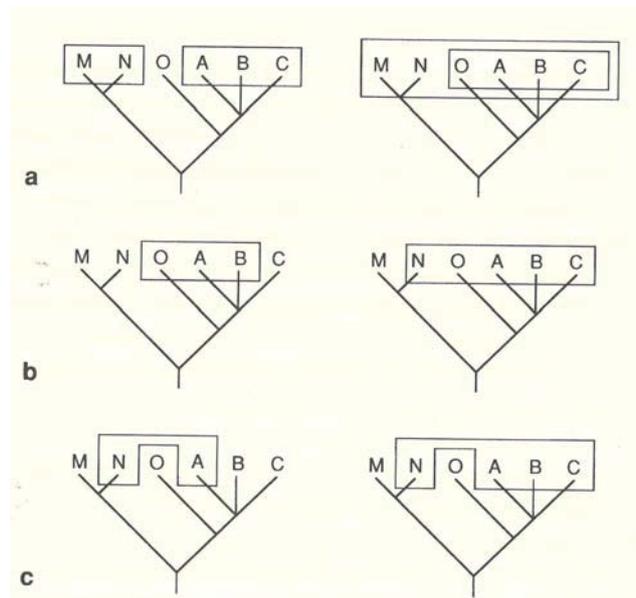
##### 正答例

右の図 a において、四角で囲んだ  $A+B+C$  や  $M+N$ 、 $O+A+B+C$ 、 $M+N+O+A+B+C$  はいずれも単系統群である。単系統群とは、同じ共通祖先に由来するすべての OTU を含むようなグループのことをいう。

また、図 b において、四角で囲んだ  $O+A+B$  や  $N+O+A+B+C$  は側系統群として評価される。共通祖先に由来する OTU のすべてを含むようなグループではなく、 $O+A+B$  の場合には一つの OTU である  $C$  が含まれていないことによる側系統、

$N+O+A+B+C$  の場合には一つの OTU である  $M$  が含まれていないことによる側系統となる。ある共通祖先に由来する OTU のうちの一部（一つの OTU あるいは単系統群を構成する OTUs）が含まれていない場合のことを側系統群という。

また、図 c に示す  $N+A$  や  $N+A+B+C$  は内群となる OTUs のすべてに共通する祖先に由来するすべての OTUs を含まないことや、一つの OTU あるいは単系統群を構成する OTU を



取り除いただけでなく、複数系統に由来する（単系統ではない）OTU（あるいはOTUs）が取り除かれたグループであるので、多系統群と評価される。

これらのうち、単系統群だけは自然分類群であるものの、側系統群や多系統群（すなわち、単系統群以外）は人為分類群とされる。

系統進化のプロセスを分岐図として描くとき、一つのOTUだけが新規に獲得した派生形質は固有派生形質と呼ばれる。また、いくつかのOTUsが単系統群を構成するならば、この単系統群にはそれらのOTUsだけが所有する派生形質の存在が不可欠であり、このような形質を共有派生形質という。

また、図aにおけるM+N+A+B+Cのようなグループがとてもよく似た形質をもつとする。この形質は、OのOTU以外には共有されているものの、OTUとしてOにはそのような形質が認められず、退化してしまったと考えられるような場合には、M+N+A+B+Cに共有される形質を共有派生形質と呼ぶことはできない。ただし、OTUとしてのOも含めた共通子孫に由来することであるので、このような形質を共有祖先（原始）形質という。

図aのNとBなどのように、よく似た機能をもつ系統的に離れた生物同士が、よく似た形質を獲得することがある。飛行能力をもつ脊椎動物などの事例は有名で、鳥類の飛行器官である翼と、翼手（コウモリ）類の飛行器官である翼手は、相同性の観点において大きな差異がある。四肢動物類の前脚全体が翼として進化した鳥類や前脚のなかでも手（手首よりも先）の部分が飛行器官となるなど、相同ではない器官の形態形質が類似するような現象を収斂という。

また、図cのNとAのように、互いに単系統群ではないOTUsにおいて、似たような形質が獲得されていて、その形質獲得の背景には類似した成因が想定される時、それらの形質の獲得は平行（並行）進化と呼ばれる（例えば、低酸素濃度の水域における魚類の鰓の発達）。

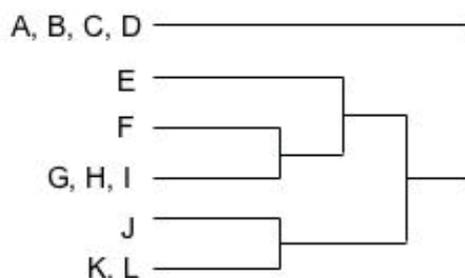
## 問題 2

### 出題意図

系統樹作成における分岐分類学の基礎的学力が備わっており、最節約的な思考力が備わっているかどうか？ 自然科学に関する一般常識的な知見をもち、与えられた条件を論理的に精査し、考察できる素養を問う。

### 正答例

#### 問 2-1



#### 問 2-2 いずれが適当か：A

理由：各山の褐色-短翅型の個体（個体 A, B, E, F, I, J）が系統的にひとまとまりにならないため（単系統群を構成しないため）

#### 問 2-3 論理的に説明できていればよい（以下、解答例）

- ・ 褐色になることで高標高域における紫外線耐性が高まるため
- ・ 体積に対する表面積が小さくなる短翅型は低温環境下における体温奪取に対して有利となる
- ・ 風が強い高山帯では、翅が大きいことで吹き飛ばされやすくなり、移動の面で不利にはたらくことを回避できる

問 2-4 実験室内での交配実験を実施する：同じ山の褐色-短翅型個体と透明-長翅型個体間、異なる山間での褐色-短翅型個体と透明-長翅型個体間での交配実験を通し、褐色-短翅型個体と透明-長翅型個体間での生殖的隔離の有無を検討する（他の解答でも同種-異種の識別に有効と思われる内容であればよい）。

問 2-5 両形態型の分布境界となる標高はおおよそ森林限界（高山帯と亜高山帯の境界）であると考えられる。中部山岳域と東北地方の北部の山域との間では緯度が大きく異なり、北半球では高緯度地域ほど気温の低下が生じ、森林限界もより低くなるため。

**問 2-6** 生物集団の個体数が大幅に縮小する（生物の集団サイズが縮小する）ようなことが生じると、遺伝的固定化は促進される（どのような遺伝子型に固定されるかは、とくに遺伝子型に優劣がない場合には遺伝的浮動の影響を受ける）。さらに、その残存した限られた子孫による繁殖が繰り返されることにより、均一性の高い（遺伝的多様性の低い）集団が形成される（遺伝的浮動により、元々の集団とは異なる遺伝構造をとる場合も多い）。このような一連のプロセスをいう。

また、一旦、このような状況が生じてしまうと、その集団の個体数が大幅に拡大する（集団サイズが増大する）ようなことが生じたとしても、一時的な個体数の大幅減少の影響が強に残ることとなる。

### 問題 3

#### 出題意図

分子生物学の基礎知識および、ゲノム構造、転写調節に関する一般的な仕組みを理解しているかを問う。

#### 正答例

問 3-1 mRNA にはポリ A テールが付加されているので、ポリ T にハイブリダイズさせることで、他の RNA から分離する。

問 3-2 ゲノムには非コード領域があるため、ゲノミックライブラリーには非コード領域由来のクローンが含まれるが、cDNA ライブラリーには非コード領域由来のクローンは含まれないため。

問 3-3 mRNA は、転写後にスプライシングによりイントロン配列が除かれるため、cDNA クローンのほうがゲノミッククローンより短くなるため。

問 3-4 仕組みの名称：オルタナティブスプライシング

説明：スプライシングの際に異なるエキソンの組み合わせで mRNA ができる。

問 3-5 ノンコーディング RNA。

問 3-6 ポリ A シグナルが存在せず、どの読み枠で翻訳しても開始コドン後にすぐストップコドンが現れるから。

問 3-7 相補的な配列にハイブリダイズして、転写および翻訳を阻害する。

## 問題 4

### 出題意図

発生学の基礎知識、および誘導現象における分子の働きについて実験結果をもとに考察、検証を展開できるかを問う。

### 正答例

問 4-1 目的遺伝子の配列を改変し、これを相同組み替えによりゲノム上の遺伝子と置換し、その遺伝子が機能しなくなったマウス。

問 4-2 Fgf 8 は眼杯で分泌され、レンズ形成を誘導する。Pax 6 は頭部外胚葉での応答能（誘導を受ける能力）をもたせる。

問 4-3 胴部外胚葉では Pax 6 が発現していない。

問 4-4 Fgf 8 について

実験：Fgf 8 のみを染み込ませたビーズを頭部外胚葉と組み合わせて培養する。結果：レンズが形成される。

Pax 6 について

実験：胴部外胚葉で Pax 6 を強制発現させ、眼杯と組あせせて培養する。

結果：レンズが形成される。

2019年6月7日

# 信州大学理学部理学科生物学コース

## 2020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8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

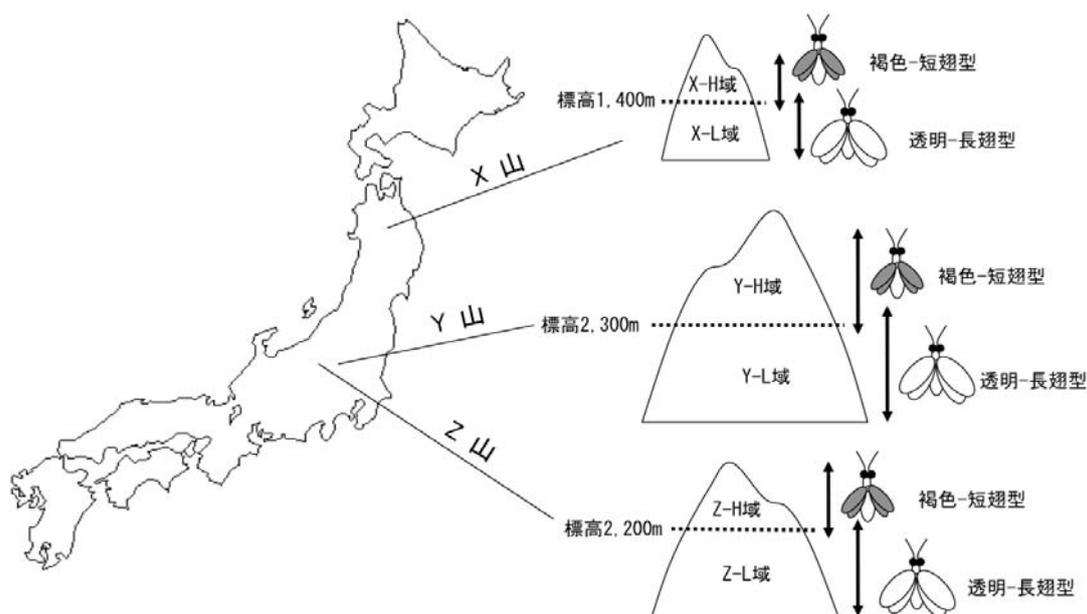
**問題 1** 文章を読み、問に答えよ。

生物の分類学においては、単系統ではなく側系統や多系統の関係にありながらも一つのグループ（タクソン taxon）として認識されている事例も多い。適当な系統樹を描き、その図を用いて、以下の [ ] 内の語を説明せよ。ただし、具体的な生物名を示す必要はなく、OTU（Operatuin Taxonomic Unit, 系統樹に示される操作単位）名は記号でも構わない。

[ 単系統群、側系統群、多系統群、自然分類群、人為分類群、固有派生形質、共有派生形質、共有祖先形質（共有原始形質）、収斂、平行進化（並行進化） ]

**問題 2** 文章を読み、問に答えよ。

日本広域の山岳域に生息するある種の昆虫において、高標高域では翅が短くなり、褐色を帯びるような個体が出現する種内変異が知られている。東北地方の X 山、中部山岳地域の Y 山と Z 山で、この昆虫の分布調査を行ったところ、それぞれの山の高標高域に褐色-短翅型の個体が認められた。標高の低い山麓部では、一般的な透明-長翅型の個体が認められた。これらの形態型の間には、翅以外の部位の形態差は認められなかった。また、雌雄による差も認められなかった。両形態型が混生する標高域がわずかにみられたが、図に示したような標高で両形態型が帯状分布していた。ここでは、分布境界よりも高い標高域 (H 域) と低い標高域 (L 域) を、図示したようにそれぞれ区別し、山の名前との組み合わせにより、X-H 域、X-L 域などと表記する。



図：採取山城および標高の違いによる表現型の違い

褐色-短翅型は、「A 高標高 (H) 域では適応的であるために、各山で平行的に分化した種内変異である」との考えがあるが、その一方で、中間的な形態をもつ個体がみられないことや、生息する標高域 (生息環境) が異なることなどから、「B 単なる種内変異ではなく、別種として扱われるべき程度にまで分化が進んでいる」とする研究者もある。

このような背景から、それぞれの山の H 域と L 域から、各形態型を 2 個体ずつ採取し、経験上、このグループの昆虫の種識別に有効とされ、機能的に中立である (アミノ酸をコードしていない) 遺伝子領域の 1,000 塩基対 (1,000 サイト) のデータを用いて分子系統解析を行った。その結果、解析に用いた 12 個体 (個体 A-L) の間には、表に示すような 10 サイトの塩基置換が認められた。

表： 個体ごとの塩基置換箇所

			塩基置換箇所									
			1箇所目	2箇所目	3箇所目	4箇所目	5箇所目	6箇所目	7箇所目	8箇所目	9箇所目	10箇所目
X山	X-H域	個体A	C	C	T	A	A	C	G	C	T	G
		個体B	C	C	T	A	A	C	G	C	T	G
	X-L域	個体C	C	C	T	A	A	C	G	C	T	G
		個体D	C	C	T	A	A	C	G	C	T	G
Y山	Y-H域	個体E	G	G	C	C	A	T	T	A	C	G
		個体F	A	A	C	C	T	T	T	A	T	A
	Y-L域	個体G	A	A	C	C	T	T	T	A	C	A
		個体H	A	A	C	C	T	T	T	A	C	A
Z山	Z-H域	個体I	A	A	C	C	T	T	T	A	C	A
		個体J	A	G	C	C	T	T	C	G	C	A
	Z-L域	個体K	A	G	C	T	T	T	C	G	C	A
		個体L	A	G	C	T	T	T	C	G	C	A

- 問 2-1 系統的に近縁であるほど塩基変異率が小さいとの仮定のもと、表に示した塩基配列の結果に基づき、12 個体間の類縁関係を示す樹状図を描きなさい。ただし、全く同一の塩基配列を有する個体は一つの枝として示しても、多分岐として示しても構わない。
- 問 2-2 問 2-1 の結果に基づくと、下線部 A と B の解釈は、いずれが妥当であるか。その理由とともにできるかぎり簡潔に説明せよ。
- 問 2-3 下線部 A のように、高標高域（H 域）において短翅であることや褐色の翅をもつことが適応的であるとする見解があるが、それはどのような理由からと考えられるか、できるかぎり簡潔に説明せよ。
- 問 2-4 下線部 B のように、同種あるいは別種のいずれであるのかを判別する際、分子系統解析法は有効な手法の一つであるが、この方法の他に、最も有効であると考えられる手法を一つあげ、できるかぎり簡潔に説明せよ。
- 問 2-5 対象とした 3 つの山域では、両形態型の分布境界となる標高が異なるが、この違いについてどのように解釈できるか、できるかぎり簡潔に説明せよ。
- 問 2-6 X 山で採取された個体はいずれも同じ遺伝子型を示した。このように遺伝的多型が検出されないことの要因の一つに、「びん首効果」が考えられている。この「びん首効果」とはどのようなものであるか、できるかぎり簡潔に説明せよ。図などを用いても構わない。

**問題3** 文章を読み、問に答えよ。

マウスを用いて、全ゲノム DNA 由来のライブラリー（ゲノミックライブラリー）を作製した。またある時期の胚から全 RNA を抽出し、ここからさらに①mRNA を分離し逆転写して得られた cDNA 由来のライブラリー（cDNA ライブラリー）を作製した。これら2つのライブラリーを比較する実験をおこなった。さらに、mRNA を抽出した残りの RNA を調べたところ②タンパク質をコードしていないと思われる配列が多数見付き、その中には③21 から 25 塩基ほどのさまざまな配列からなる RNA が含まれていた。これらの RNA に類似した配列を、cDNA ライブラリー中で探索したところ、cDNA ライブラリー中のクローンの部分配列に、類似した配列が存在していた。

問 3-1 下線部①について、mRNA を分離する方法を1つ挙げ、その原理を述べよ。

問 3-2 2つのライブラリーを比較したところ、ゲノミックライブラリーにしか存在しないクローンが多数見つかった。ライブラリー間でこのような違いが生じた理由を説明せよ。

問 3-3 cDNA ライブラリーの特定のクローンからプローブを調製した。これにハイブリダイズするクローンをゲノミックライブラリーから探索し、この遺伝子をコードしている領域のゲノミッククローンを得た。これらの塩基配列を調べ、cDNA クローン、ゲノミッククローン、いずれにも開始コドンとストップコドンが含まれているクローンを選んで比較したところ、両者の長さ（塩基数）には違いが見られた。この理由を説明せよ。

問 3-4 問 3-3 で得られた遺伝子配列はゲノム上で一箇所のみであった。しかし、発生中の異なる組織から得られたこの遺伝子の cDNA を比較すると、塩基配列に組織特異的な違い（組織間では異なるが、同じ組織ならば個体が異なっても同じ配列）が見られた。この違いが生じる仕組みについて、その仕組みの名称とともに説明せよ。

問 3-5 下線部②のような RNA を一般に何と呼ぶか答えよ。

問 3-6 下線部③について、得られた RNA がタンパク質をコードしていないと判断されるのは、どのような理由によるか説明せよ。

問 3-7 下線部③の RNA はどのような働きがあるか、その仕組みの概略を含めて説明せよ。

問題4 文章を読み、問に答えよ。

マウスを用いて転写調節因子 Pax6 ノックアウトマウス (Pax 6 -/-) および分泌因子 Fgf 8 ノックアウトマウス (Fgf 8 -/-) を作製したところ、どちらのマウスにも共通して、目のレンズ形成がみられなかった。レンズは頭部外胚葉由来で形成され、眼胚は頭部神経組織が突出して外胚葉に接する構造である。作製した2種類のノックアウトマウス胚、および野生型胚から頭部外胚葉と眼胚を取り出して組み合わせ培養を行い、以下の表に示す結果を得た。表中の+/+は、その遺伝子が野生型であることを、-/-はノックアウトされていることを示している。

表: 組み合わせ培養におけるレンズ形成

		眼杯の由来			
		Pax 6 +/+	Pax 6 -/-	Fgf 8 +/+	Fgf 8 -/-
頭部外胚葉 の由来	Pax 6 +/+	○	○	○	×
	Pax 6 -/-	×	×	×	×
	Fgf 8 +/+	○	○	○	×
	Fgf 8 -/-	○	○	○	×

○: 形成有り、×: 形成無し

問 4-1 ノックアウトマウスについて簡潔に説明せよ。

問 4-2 Fgf 8 と Pax 6 はどのような役割を担っていると推測されるか、それぞれ説明せよ。

問 4-3 頭部外胚葉の代わりに胴部外胚葉を用い、眼杯と組み合わせて培養した場合、両方とも野生型由来であってもレンズは形成されなかった。表の実験結果からこの理由はどのように説明できるか、述べよ。

問 4-4 問 4-2 の推測を検証したい。どのような実験を行いどのような結果が得られれば、問 4-2 の推測が正しいと示せるか、説明せよ。

## 英語

英語の問題は理学部入試事務室窓口で閲覧できます

英語の問題は理学部入試事務室窓口で閲覧できます