

平成28年度
生命環境科学研究科
生物科学専攻
入学試験問題

専門科目

平成27年8月19日（水） 10:00 ～ 12:00 実施

[注意]

- ① この問題冊子は表紙を含め12ページあります。
- ② 問題1から問題8の中から4つを選んで解答してください。4つをこえて解答した場合はすべて無効とします。
- ③ 提出する答案用紙は4枚です。すべてに受験番号を記入してください。
- ④ どの問題に解答したか分るように、答案用紙の左上に問題番号を、例えば（問題1）のように明記してください。
- ⑤ 各問題について答案用紙は1枚です。同一の問題に対して2枚以上の答案用紙にわたって解答した場合は無効とします。
- ⑥ 1つの問題にいくつかの小問がある場合は、問題の指示にしたがって、適切に対処してください。
- ⑦ 答案用紙の裏面を使用しても結構です。その場合は、綴じ穴の下部2cm程度より下に記入してください。
- ⑧ 問題冊子は試験終了後に回収します。

問題 1

問 1 次の文章を読み、以下の設問（1）～（4）に答えよ。

種Aから種Fの6つの形態形質（I～VI）を調べると、表1のような形質状態を示した。この表をもとに、種Fを外群として系統推定を行ったところ、系統樹Xが得られた（図1）。

表1 系統推定に用いた形態形質。形質状態は0または1の数字を用いて表現している。

分類群	形質 I	形質 II	形質 III	形質 IV	形質 V	形質 VI
A	1	1	1	0	1	0
B	1	1	1	0	1	0
C	0	1	1	0	1	1
D	0	0	0	1	1	1
E	0	0	0	1	1	1
F	0	0	0	0	0	0

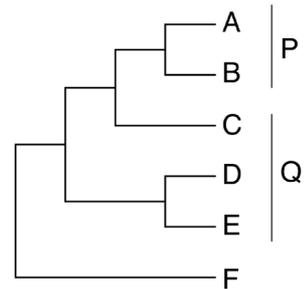


図1 系統樹X

- （1） 現行の分類では、属Pは種Aと種Bの2種からなり、属Qは種C、種D、種Eの3種からなる。しかし、系統樹Xに基づく、現行の分類が妥当でないと判断される場合がある。その理由と代替の属分類を3行程度で説明せよ。
- （2） 系統樹X上で、形質Iは種Aと種Bでのみ観察される形質状態を示す。これを何形質とよぶか答えよ。
- （3） 系統樹X上で形質VIの進化を最節約的に解釈すると、系統樹のどこでどのような形質進化が起こったと考えられるか。考えられる可能性をすべて説明せよ。必要があれば、図を用いてもよい。
- （4） 同じ分類群に対して、あるミトコンドリア遺伝子を用いたところ系統樹Y（図2）が推定された。また、ある核遺伝子を用いたところ系統樹Z（図3）が推定された。3つの系統樹（X、Y、Z）の厳密合意樹（strict consensus tree）を描け。

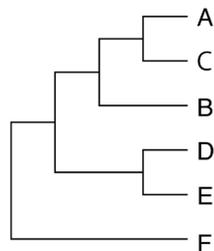


図2 系統樹Y

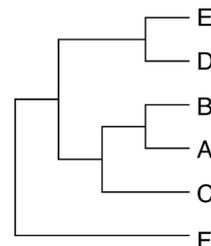


図3 系統樹Z

【次ページに続く】

問2 系統分類・進化学分野に関連した以下の用語（1）～（5）をそれぞれ2行程度で説明せよ。

- （1） 二次共生（secondary endosymbiosis）
- （2） 脊索（notochord）
- （3） 生物学的種概念（biological species concept）
- （4） ネオタイプ（neotype）
- （5） 姉妹群（sister group）

問題 2

問 1 次の文章を読み、以下の設問（1）と（2）に答えよ。

(a)生物多様性の減少が進む要因には、生息地の減少、乱獲、外来種の侵入、化学物質汚染、種間相互作用の喪失、地球温暖化などがあげられる。人間の活動による生息地（例えば森林）への影響としては、総面積の減少だけでなく生息地の断片化も問題になる。

(b)生息地の総面積が同じでも、住宅地や農地で隔てられた多数の小さな生息地を保護するよりも、連続した1つの生息地を保護する方が生物多様性の保全に有効である。また、断片化された生息地の生物多様性を保全するためには、生息地間を回廊 (corridor) で結ぶことも有効な施策である。

- (1) 下線部(a)の階層を3つあげよ。
- (2) 下線部(b)の理由を、様々な観点から5行程度で説明せよ。

問 2 次の文章を読み、以下の設問（1）と（2）に答えよ。

個体群増殖を記述する (a)ロジスティックモデルの下では、低密度の時には個体数が指数的に増加し、やがて増加が鈍くなり、個体数が飽和する。しかし、(b)現実の個体群増殖の特性は、この単純化したモデルの仮定とは異なっていることがある。

- (1) 下線部(a)のモデルでは、個体数と時間の関係が2つの定数に依存すると考えている。これらの定数をそれぞれ何とよぶか答えよ。
- (2) 下線部(b)のような現実の特性を2つあげ、個体群増殖のパターンにどのような影響を与えるか、それぞれ2行程度で説明せよ。ただし、捕食者・競争者の存在や、物理環境の変動については考えないことにする。

問 3 生態学分野に関連した以下の用語（1）～（5）をそれぞれ2行程度で説明せよ。

- (1) 進化的に安定な戦略 (evolutionary stable strategy)
- (2) 生物群系 (biome)
- (3) 消費型競争 (exploitative competition)
- (4) 生物地球化学的循環 (biogeochemical cycle)
- (5) メタ個体群 (metapopulation)

問題 3

問 1 次の文章を読み、以下の設問 (1) ~ (4) に答えよ。

高等植物では、茎の先端の茎頂分裂組織が活発に成長している間は、側芽の成長は抑制されている。この現象は頂芽優勢とよばれ、成長関連の代表的な例である。従来、頂芽優勢は、(a) 2種類の植物ホルモン（オーキシシンとサイトカイニン）のバランスや比で説明されてきた。しかし近年、頂芽優勢に関する新たな知見が増加している。まず、側芽で合成されるオーキシシンの量を測定した結果、頂芽優勢を解除した後の方が高いことが明らかになった。このことから、側芽の成長抑制に対するオーキシシンの効果は直接的なものではなく、別の植物ホルモンが介在しているのではないかと予想された。また、(b) 頂芽優勢を失った突然変異体の原因遺伝子を調べた結果、この遺伝子がカロテノイド分解酵素をコードしていることが明らかになった。このことから、カロテノイドの分解産物に由来する植物ホルモンが頂芽優勢に関わっているのではないかと予想された。そこで、カロテノイドの分解産物から合成される植物成長調節物質である (c) ストリゴラクトン を、頂芽優勢を解除した後の側芽に与えた結果、0.1~1.0 μM という低濃度で側芽の成長を抑制することが明らかになった。

- (1) 下線部(a)について、オーキシシンが頂芽優勢に関係することを示すにはどのような実験をすればよいか。実験の方法と予想される結果を2行程度で説明せよ。
- (2) 下線部(a)について、サイトカイニンが頂芽優勢に関係することを示すにはどのような実験をすればよいか。実験の方法と予想される結果を2行程度で説明せよ。
- (3) 下線部(b)の変異体を地上部（穂木）として、野生型植物の地下部（台木）に接ぎ木した結果、地上部の表現型が正常にもどった。どうしてこのような結果が得られたか、考えられるメカニズムを2行程度で説明せよ。
- (4) 下線部(c)について、ストリゴラクトンが発見された経緯を2行程度で説明せよ。

問 2 植物発生・生理学分野に関連した以下の用語 (1) ~ (5) をそれぞれ2行程度で説明せよ。

- (1) CAM 植物 (CAM plants)
- (2) アントシアニン (anthocyanin)
- (3) 有色体 (chromoplast)
- (4) アグロバクテリウム (*Agrobacterium*)

(5) 分化全能性 (totipotency)

問題 4

問1 次の文章を読み、以下の設問 (1) と (2) に答えよ。

細胞膜は、 K^+ に対する選択的透過性を持ち、安静時において、一定の膜電位をもつ。これを [1] 電位という。

K^+ のみに透過性をもつ理想的な膜の等価回路は、図1のように表わすことができる。この膜において、膜内外の K^+ の濃度差によって生じる電位 E_K は、①の式で決まる。

$$E_K = -\frac{RT}{F} \log_e \frac{[K^+_{in}]}{[K^+_{out}]} \dots \textcircled{1}$$

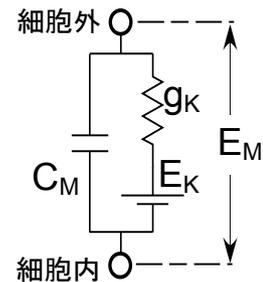


図 1

(1) 空欄 [1] にあてはまる適切な語を記せ。

(2) ①式は $E_K = -58 \log_{10} \frac{[K^+_{in}]}{[K^+_{out}]}$ に近似できる。

細胞外液の K^+ 濃度が2.5 mM、細胞内液の K^+ 濃度が125 mMのときの E_K の値を求めよ。ただし、 $\log_{10} 5$ は0.7とする。

問2 ヤリイカの軸索から活動電位を計測した (図2)。まず、海水と同等の人工海水中で計測すると、活動電位はAの波形を示した。この海水を、50%人工海水 (NaCl濃度のみを海水の半分に調整したものであり、海水と等浸透圧) に置換すると、Bの波形になった。その後、通常的人工海水に置換すると、もとの波形にもどった (C)。この実験は何を示そうとしたものか、1行程度で答えよ。

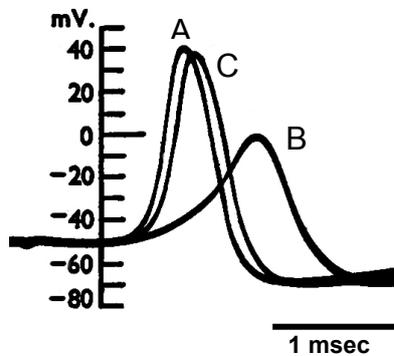


図 2

(A. L. Hodgkin and B. Katz (1949) *Journal of Physiology* 108:37-77より引用、改変)

【次ページに続く】

問3 活動電位の発生機構について、以下の用語をすべて用いて説明せよ。ただし、同じ用語を何度用いてもよい。

Na⁺ 流入 電位感受性 Na⁺ チャンネル 脱分極 閾値
ポジティブフィードバック オーバーシュート

問4 骨格筋の興奮収縮連関について、以下の用語をすべて用いて説明せよ。ただし、同じ用語を何度用いてもよい。

筋細胞 活動電位 横行小管系 筋小胞体
リアノジンレセプター Ca²⁺ 放出 トロポニン

問5 動物生理学分野に関連した以下の用語（1）～（5）をそれぞれ2行程度で説明せよ。

- (1) 興奮性シナプス (excitatory synapse)
- (2) 9 + 2 構造 ("9+2" structure)
- (3) 有毛細胞 (hair cell)
- (4) 長期増強 (long-term potentiation)
- (5) 遠位尿細管 (distal convoluted tubule)

問題 5

問 1 体軸形成に関する次の文章を読み、以下の設問 (1) ~ (3) に答えよ。

両生類の未受精卵には動植物軸に沿って物質の偏りが存在する。このうちの一部は受精時におこる [1] に伴い予定背側領域へと運搬される。[1] は、受精直後に植物極側へ紫外線をあてることや、コルヒチンまたはノコダゾール処理により阻害されるため、[2] によって制御されていることが示唆されている。さらに、この [2] は精子の中心小体に依存して形成されるため、精子の進入点が両生類胚の背腹軸決定をコントロールする鍵となっている。

- (1) 空欄 [1] と [2] にあてはまる適切な語を記せ。
- (2) 下線部は動物極と植物極を結んだ体軸のことを指す。動物極の定義を記せ。
- (3) 背側に作られる構造の中で最も重要なものの 1 つは形成体 (オーガナイザー) である。形成体に関する以下の問 (a) と (b) に答えよ。
 - (a) 形成体を初めて報告した研究者の名前とともに、その実験内容と結果、および形成体が正常発生の中で担う役割を 5 行程度で説明せよ。
 - (b) 形成体を構成する背側中胚葉の形成には、背側の予定内胚葉による誘導が必要であることが報告されている。これを示す実験例を 3 2 細胞期の胚を用いて図とともに 4 行程度で示せ。ただし、図は行数に含めないこととする。

問 2 発生生物学分野に関連した以下の用語 (1) ~ (5) をそれぞれ 2 行程度で説明せよ。

- (1) らせん卵割 (spiral cleavage)
- (2) 放射卵割 (radial cleavage)
- (3) 生体染色 (vital staining)
- (4) 側方抑制 (lateral inhibition)
- (5) 母性因子 (maternal factor)

問題 6

問1 次の文章を読み、以下の設問（1）～（4）に答えよ。

火傷による組織損傷の場合など、細胞内外の環境の悪化により偶発的に起こる細胞死は、一般にネクローシス（壊死）として知られる。一方で、細胞は厳密に管理・制御された仕組みの下で必要に応じて自らの細胞を計画的に死に導くシステムを備えている。多くの場合、この細胞死はアポトーシスとして知られる。すなわち、不可逆的な損傷を受けた細胞、(a) 不要になった細胞、(b) 個体の命を脅かす細胞は、即座に手際よく排除される。アポトーシスを起こしている細胞は、(c) 特徴的な形態的变化を示す。細胞がアポトーシスシグナルを受けると (d) 特定のタンパク質分解酵素が活性型へと変化し、標的となる細胞内タンパク質を切断して細胞死を助ける。アポトーシスには細胞外と細胞内の複数のシグナル経路が関与し、誘導または (e) 抑制に働く因子の連携によりアポトーシスは巧妙に制御されている。

- (1) 下線部(a)と(b)について、それぞれ具体的な例を1つずつあげよ。
- (2) 下線部(c)について、どのような変化がみられるか、特徴的な形態的变化の例をあげて2行程度で説明せよ。
- (3) 下線部(d)について、酵素の一般的な名称を記せ。また、どのような構造的変化が起こるか、2行程度で説明せよ。
- (4) 下線部(e)について、抑制化に関与する代表的な因子を下から1つ選び、それによる抑制化のシグナル経路について2行程度で説明せよ。

Bax Bcl-2 Fas

問2 分子細胞生物学分野に関連した以下の用語（1）～（5）をそれぞれ2行程度で説明せよ。

- (1) 二次メッセンジャー (second messenger)
- (2) 足場依存性 (anchorage dependence)
- (3) 活性酸素種 (reactive oxygen species)
- (4) RNA 干渉 (RNA interference)
- (5) インターフェロン (interferon)

問題 7

問1 次の文章を読み、以下の設問(1)～(4)に答えよ。

真核生物では、タンパク質のアミノ酸配列情報をコードした成熟 mRNA が細胞質に移行する前に、核内で mRNA 前駆体に修飾が施される。この過程が[1]プロセシングである。まず、5' 末端が形成され、転写が 30 塩基分ほど進んだ段階で、修飾されたグアニンヌクレオチドである[2]が 5' 末端に付加される。3' 末端側については 50～300 個のアデニンヌクレオチドからなる[3]が付加される。さらに真核生物の多くの遺伝子では、mRNA 前駆体内部でアミノ酸に翻訳されないいくつかの領域が切り出され、残りの翻訳される領域がつなぎ合わされる。この修飾が[4]であり、翻訳される領域をエクソン、翻訳領域の間の切り出される領域をイントロンという。核内での[4]の反応は[5]という超分子複合体によって行われる。[5]はタンパク質と[1]の複合体である^(a)核内低分子リボ核タンパク質 (small nuclear ribonucleoprotein (snRNP)) やその他のタンパク質から構成され、イントロンを切り出して両側の 2 つのエクソンを連結する。図 1 に示した遺伝子 A の例では DNA 上の 1～5 の番号を付した領域がエクソンとなりうる領域であるが、mRNA 前駆体からどの領域をエクソンとしどの領域をイントロンとするかの選択により 2 種類の異なる成熟 mRNA 分子が生成されている。^(b)このような機構を選択的[4]あるいはオルタナティブ[4]という。図 2 には、図 1 のエクソン 1 とエクソン 2 の間のイントロン配列を模式的に示してある。イントロン内の分岐部位の分岐点に位置するアデニンヌクレオチドの[6]位の-OH 基がイントロンの 5' 側を攻撃してグアニンヌクレオチドとエクソン 1 の最後のヌクレオチドの[7]結合を切断する。切断されたイントロンの 5' 末端は分岐点のアデニンヌクレオチドの[6]位に共有結合する。一方、切断によって生じたエクソン 1 の[8]末端の-OH 基はイントロンの 3' 側を攻撃し、グアニンヌクレオチドとエクソン 2 の最初のヌクレオチドの[7]結合を切断してイントロンを切り出し、2 つのエクソンが連結される。

- (1) 空欄 [1]～[8]にあてはまる適切な語を記せ。
- (2) 下線部(a)がイントロンの切り出しに果たす役割について 2 行程度で説明せよ。
- (3) 下線部(b)の生物学的意義を 2 行程度で説明せよ。
- (4) 図 2 のイントロンが切り出されたときには特有の構造が形成される。その構造をイントロン配列に基づき模式的に示せ。

【次ページに続く】

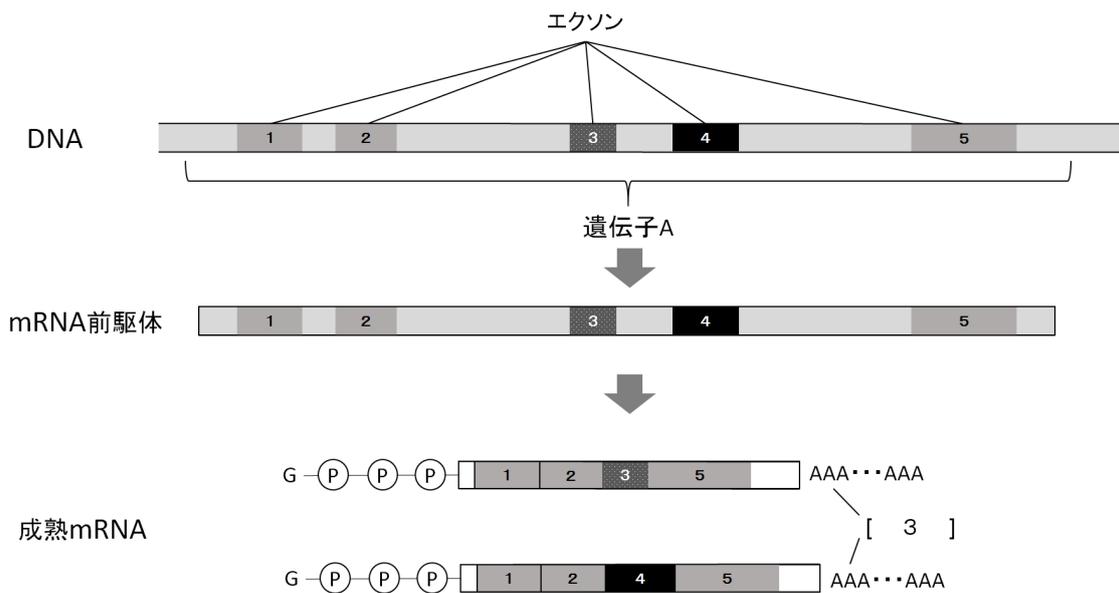


図 1

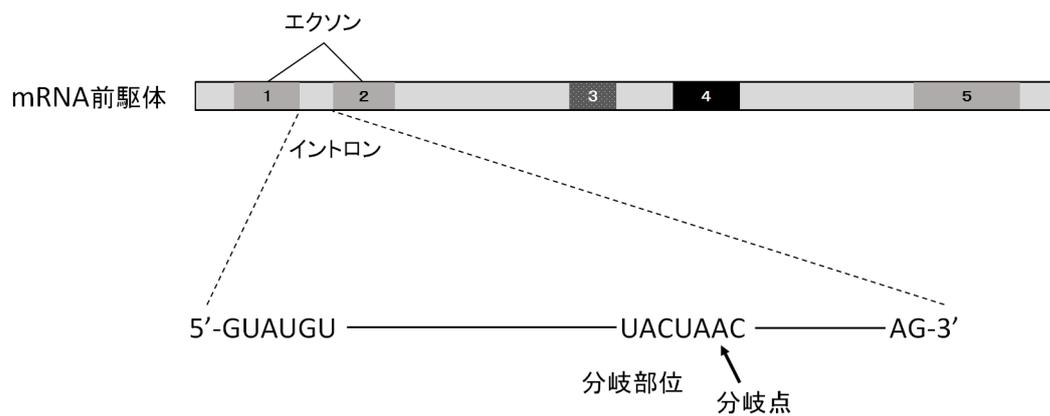


図 2

問 2 ゲノム情報学分野に関連した以下の用語 (1) ~ (5) をそれぞれ 2 行程度で説明せよ。

- (1) 多遺伝子遺伝 (polygenic inheritance)
- (2) ユークロマチン (euchromatin)
- (3) 遺伝暗号 (genetic code)
- (4) 遺伝子水平転移 (lateral gene transfer)
- (5) 分子進化の中立説 (neutral theory of molecular evolution)

問題 8

問1 次の文章を読み、以下の設問(1)～(5)に答えよ。

アデノシン5'-三リン酸(ATP)は、生体におけるエネルギーの通貨ともよばれ、生体内でエネルギー源として利用される主な分子の1つである。ATPは、アデノシンの [1] の5'位のヒドロキシ基に3つの連続したリン酸が結合した物質である。
(a) 3つのリン酸基(α 、 β 、 γ)の間の結合は [2] とよばれ、加水分解されたときに大きなエネルギーが生じ、生命活動に利用される。動物におけるATP生成経路として、解糖系および一連の好氣的な代謝経路が知られている。細胞質で起こる解糖系では1分子のグルコースを出発点とした場合に、最終産物として (b) 2分子のATP、2分子の [3]、2分子の [4] が産生される。[3] はミトコンドリアに入って酸化され補酵素Aと結合して [5] となり、またこのとき [4] とCO₂が産生される。[5] はクエン酸回路に入り、酸化に伴ってエネルギーが [4] やFADH₂、GTPなどに保存される。ミトコンドリアの電子伝達系では、[4] やFADH₂からの電子がミトコンドリア内膜に存在する複合体等に受け渡されて (c) プロトン濃度勾配が形成される。プロトン濃度勾配が駆動力となってプロトンが [6] を通り、このことと共役してADPと無機リン酸からATPが合成される。

- (1) 空欄 [1] ～ [6] にあてはまる最も適切な語を記せ。
- (2) 下線部(a)に関して、ATPがADPと無機リン酸に分解される際に、どのリン酸基が分かれるか、答えよ。
- (3) 下線部(b)について、何分子のATPが消費され、何分子のATPが生成された結果、最終産物として2分子のATPが産生されているのかを答えよ。
- (4) 下線部(c)について、濃度勾配がどのように形成されるのか、ミトコンドリア構造をふまえて2行程度で説明せよ。
- (5) ATPはエネルギー源として利用される他に、どのような生命機能上の役割を担っているか、2つあげよ。

問2 生化学分野に関連した以下の用語(1)～(5)をそれぞれ2行程度で説明せよ。

- (1) ノックインマウス (knockin mouse)
- (2) 非必須アミノ酸 (nonessential amino acid)
- (3) 立体異性 (stereoisomerism)
- (4) ウェスタンブロット法 (Western blotting)
- (5) β 酸化 (beta-oxidation)