

生 物

教育学部・医学部・応用生物科学部

問 題 冊 子

注意事項

1. 試験開始の合図があるまで、問題冊子を開かないこと。
2. 問題冊子は19ページで、医学部は解答用紙3枚、教育学部、応用生物科学部は解答用紙5枚である。乱丁、落丁、印刷不鮮明の箇所などがある場合は、ただちに試験監督者に申し出ること。
3. 受験番号は、解答用紙のそれぞれ指定の欄すべてに必ず記入すること。
4. 解答は、解答用紙の指定箇所に記入すること。指定箇所以外に記入された解答は採点の対象としない。
5. 問題は、大問で5題ある。教育学部・応用生物科学部の受験生は、5題すべてに解答すること。医学部の受験生は、問題 **1**、**2**、**3** に解答すること。

6. 解答用紙は持ち帰らないこと。
7. 問題冊子は持ち帰ること。
8. 大問ごとに、満点に対する配点の比率を表示してある。
9. 指定の字数以内で解答用紙のマス目に解答を記述する場合、数字、アルファベット、および句読点は、すべて1マスに1文字とする。

1

次の文章を読み、問1～5に答えよ。(配点比率 教育・応生： $\frac{1}{5}$ ，医： $\frac{1}{3}$)

DNA と RNA は長い直鎖状重合体で核酸とよばれ、遺伝情報のある世代から次世代へと伝達できる形で貯蔵している。どちらも巨大分子で、糖・**リン酸**・塩基からなるヌクレオチドが多数つながってできている。DNA は核酸の鎖2本がねじれて合わさった **イ** 構造をとっている。両鎖の塩基1つずつが特定の組み合わせで **ウ** 結合し、塩基対を形成している。このため片方の鎖の塩基配列が決まれば他方の鎖の配列も決まる。この性質を相補性とよび、DNA を複製する時には、各鎖がもう一方の鎖をつくるための鋳型となる。

細胞でつくられるタンパク質は遺伝子によって決められているが、タンパク質は DNA から直接合成されるわけではない。DNA の1本の鎖を鋳型として mRNA とよばれる一群の RNA 分子^①がつくられ、これがタンパク質合成の際に遺伝情報を運ぶ中間体の役割をする。この過程を **エ** とよび、つづく翻訳の過程では、mRNA の指令に従ってタンパク質が合成される。したがって、通常の細胞での遺伝情報の流れは、DNA → RNA → タンパク質となる。この遺伝情報が一方向に流れていく概念は、**オ** とよばれる。このような情報の流れを仲介するのが遺伝暗号であり、mRNA の塩基配列とタンパク質のアミノ酸配列とを対応させる役割をする。この暗号はあらゆる生物においてほとんど同一で、**カ** とよばれる3塩基配列が1個のアミノ酸を指定する様式である(表1)。

表1 遺伝暗号

1文字目 (5'側)	2文字目				3文字目 (3'側)
	U	C	A	G	
U	フェニルアラニン	セリン	チロシン	システイン	U
	フェニルアラニン	セリン	チロシン	システイン	C
	ロイシン	セリン	終止	終止	A
	ロイシン	セリン	終止	トリプトファン	G
C	ロイシン	プロリン	ヒスチジン	アルギニン	U
	ロイシン	プロリン	ヒスチジン	アルギニン	C
	ロイシン	プロリン	グルタミン	アルギニン	A
	ロイシン	プロリン	グルタミン	アルギニン	G
A	イソロイシン	トレオニン	アスパラギン	セリン	U
	イソロイシン	トレオニン	アスパラギン	セリン	C
	イソロイシン	トレオニン	リシン	アルギニン	A
	メチオニン	トレオニン	リシン	アルギニン	G
G	バリン	アラニン	アスパラギン酸	グリシン	U
	バリン	アラニン	アスパラギン酸	グリシン	C
	バリン	アラニン	グルタミン酸	グリシン	A
	バリン	アラニン	グルタミン酸	グリシン	G

問 1. イ ～ カ に適切な語を入れよ。

問 2. 下線部①に関して, 5'- ATG TGT AGA GCT ATA GGT -3' で示されるセンス鎖の DNA 断片について, (1)相補的 DNA (アンチセンス鎖) と(2) mRNA の塩基配列を 5' 末端と 3' 末端を明示したうえで記せ。

問 3. 問 2 の DNA 断片が, ある酵素の活性部位のアミノ酸配列を指定している場合, 以下に示す変異 A ~ H (下線は変異塩基を示す) がそれぞれ導入されると, 翻訳された酵素の機能が変化するものを変異 A ~ H の中から 1 つ選べ。また, 機能が変化する理由を記せ。さらに, 選択した変異以外では機能が変化しない理由も記せ。なお, 5' 末端 1 塩基目から翻訳が始まるものとする。

(正常型) 5'- ATG TGT AGA GCT ATA GGT -3'

(変異 A) 5'- ATG TGT AGGGCT ATA GGT -3'

(変異 B) 5'- ATG TGT AGA GCG ATA GGT -3'

(変異 C) 5'- ATG TGC AGA GCT ATA GGT -3'

(変異 D) 5'- ATG TGT AGA GCA ATA GGT -3'

(変異 E) 5'- ATG TGA AGA GCT ATA GGT -3'

(変異 F) 5'- ATG TGT AGA GCT ATC GGT -3'

(変異 G) 5'- ATG TGT AGA GCT ATA GGA -3'

(変異 H) 5'- ATG TGT CGA GCT ATA GGT -3'

問 4. ヒトゲノム全配列決定により, 遺伝子の総数は 22,000 個程度であることが分かった。一方, 免疫系で重要な役割を果たす抗体は, 遺伝子の総数をはるかに超える多様なアミノ酸配列を示す。これは, 抗体の可変領域のアミノ酸配列が V, D, J 遺伝子により指定され, それぞれの遺伝子が多種類存在するためである。限られた遺伝子から多様な抗体をどのように産生しているのかを, 80 字以内で記せ。

下 書 き 用 (80 字)

問 5. ある種の薬剤を代謝できない突然変異マウスが見つかり、6匹のマウスを対象に分子生物学的手法による検査を実施した。この異常に関係するのは x 遺伝子で、y というタンパク質が翻訳される。マウス A は対照となる野生型(正常)個体である。マウス B 自体には症状が見られないが、マウス B と同様の変異を持つ個体と交配すると、一部の子孫に同じ薬剤代謝異常が見られる。マウス C ~ F には全て薬剤代謝異常が見られる。マウス A ~ F の組織試料を採取し、x 遺伝子の mRNA から合成した相補的 DNA を鋳型にして、x 遺伝子特異的プライマーでエキソン領域を PCR 法により増幅した(図 1)。ただし、この検査では mRNA が存在すれば必ず検出できるものとする。さらに、組織試料中に y タンパク質が存在するかどうかを調べた(表 2)。以下の問いに答えよ。

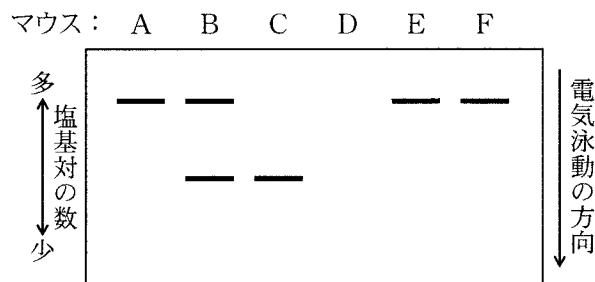


図 1 PCR 産物の電気泳動結果

表 2 組織試料中 y タンパク質の存在

マウス	A	B	C	D	E	F
y タンパク質の有無	有	有	有	無	無	有

- (1) マウス B に症状が現れないのはなぜか理由を記せ。
- (2) マウス C ~ F には、それぞれ異なる x 遺伝子の変異があった。それぞれのマウスの変異として最も適切なものを次の(a)~(e)の中から 1 つずつ選び、記号を記せ。
 - (a) x 遺伝子の重複
 - (b) x 遺伝子エキソンの一部欠失
 - (c) y タンパク質の酵素活性部位を変性させる変異
 - (d) y タンパク質への翻訳を妨げる変異
 - (e) x 遺伝子プロモーター領域への RNA ポリメラーゼ結合を妨げる変異

2

次の文章を読み、問1～4に答えよ。(配点比率 教育・応生： $\frac{1}{5}$ ，医： $\frac{1}{3}$)

動物の体内には、ニューロンによって構成された神経系が張り巡らされている。神経系は、眼や耳、鼻などの **ア** から、筋肉などの **イ** の間を連絡している。眼や耳、鼻などからの情報は、末梢神経系の1つである **ウ** を通り中枢神経系に送られる。中枢神経系では、受けた刺激に応じて情報の統合や整理といった処理が行われる。その後、中枢神経系から筋肉などを動かす命令が、末梢神経系の1つである **エ** より送られる。**ウ** と **エ** を合わせて **オ** という。

中枢神経系は、ヒトをはじめとした脊椎動物では脳と脊髄から構成される。脳は大脳、間脳、中脳、小脳および延髄という部位に分けられる。大脳の外側部分を大脳皮質、内側部分を大脳髄質という。大脳皮質には、視覚や聴覚などの感覚の中枢である感覚野、運動の中枢である運動野などがある。

神経系は外界から情報を集めて分析し、どのような行動を起こすか決定して、その指令を体の隅々に伝えるといった、生体の情報処理システムを担っている。動物の行動の中には生得的行動と習得的行動(学習)があり、一連の行動の中に生得的行動と習得的行動(学習)の両方が含まれることもある。

問1. **ア** ～ **オ** に適切な語を入れよ。

問2. 下線部①に関して、ヒトの脳を図1に示す。次の(i)～(v)のはたらきをもつ脳の部位はどこか、図1のA～Eの中からそれぞれ1つずつ選び、その部位の名称も記せ。ただし、部位の名称は下線部①の中から選択するものとする。

- (i) 自律神経の中枢がある。
- (ii) 眼球運動や瞳孔の大きさを制御している。
- (iii) 記憶や意志など精神活動の中枢がある。
- (iv) 体の平衡を保ち、随意運動の統合を行っている。
- (v) 呼吸運動や血液循環などを調節する中枢がある。

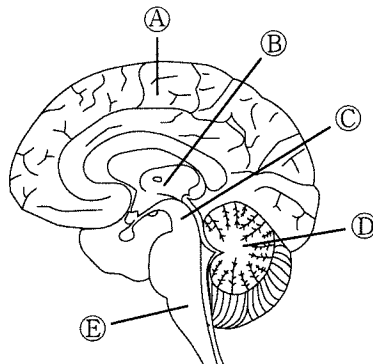


図1 ヒトの脳の正中断面

問 3. 下線部②に関して、生得的行動と習得的行動(学習)とは何か、それぞれ 30 字以内で記せ。

下 書 き 用 (30 字)

生得的行動

5					10					15					20									

下 書 き 用 (30 字)

習得的行動(学習)

5					10					15					20									

問 4. いくつかの魚類は視覚によって自分の位置を把握し、遊泳場所や空間を記憶することができる。モデル魚類として多用されているゼブラフィッシュは、水槽に描かれた図形(□, △, ○の印)を区別して、空間を認識できる。また、新たな空間を見つけると、そこに進入して探索する行動を示す。ゼブラフィッシュの記憶と新たな空間に対する行動の特徴を調べるため、次の実験 1 および実験 2 を行った。以下の問いに答えよ。

[実験 1]

図 2 のように 3 つの水槽を Y 字型につなげた水槽(Y 字型水槽という)を用意した。各水槽の両側と端には、それぞれ□, △, ○の印を配置した。図 3 のように○印の領域の入り口を板で塞いだ状態で□印の部分にゼブラフィッシュを 1 匹入れて 5 分間置いた。次に板を取り除き、その直後から 10 分間の遊泳行動を観察した。多数の個体を用い、十分な回数の実験を行った。各水槽部分に滞在した時間を計測したところ、図 4 のグラフのような結果になった。

[実験 2]

実験 1 で使用した Y 字型水槽と同じものを用意した。図 3 のように○印の領域の入り口を板で塞いだ状態で□印の部分にゼブラフィッシュを 1 匹入れて 5 分間置いた。その後、ゼブラフィッシュを別の水槽に移して 1 時間または 6 時間経った後に、どの領域も塞いでいない Y 字型水槽の中央部に入れ、10 分間の行動を観察した。実験 2 では、実験 1 で用いたゼブラフィッシュとは異なる個体を用いた。各水槽部分に滞在した時間を計測したところ、図 5 および図 6 のグラフのような結果になった。

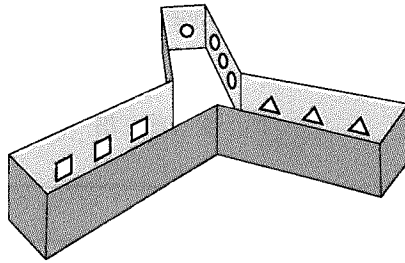


図2 Y字型水槽

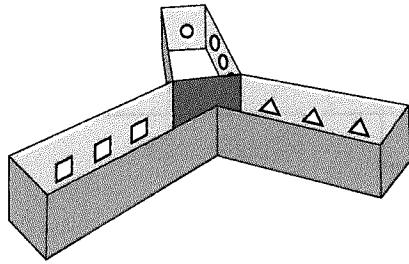


図3 ○印の入り口を塞いだ様子

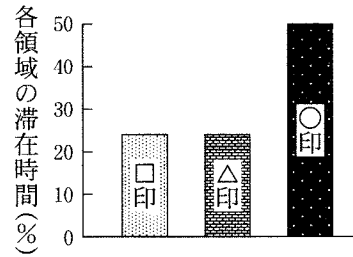


図4 板を取り除いた直後の行動

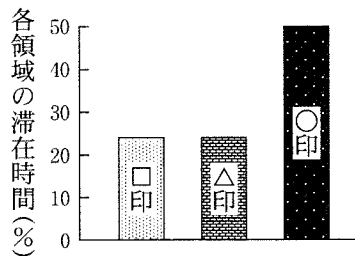


図5 1時間後の行動

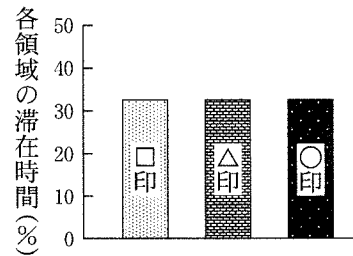


図6 6時間後の行動

- (1) 図4の実験結果より、ゼブラフィッシュは新たに出現した○印の領域を探索するため、○印の領域にいる時間が長かったと考えた。しかし、図4の結果だけでは、この考え以外の可能性も否定できない。この考えを証明するためには、さらにどのような実験が必要か、60字以内で記せ。ただし、Y字型水槽の各水槽部分については、描かれた図形の形状と板で塞ぐ以外の条件(水温や酸素濃度など)は同じとする。

下書き用(60字)

5					10					15					20				

(2) ゼブラフィッシュの図形や空間に対する記憶に基づいた行動の特徴に関して、実験の図5および図6の結果から導かれる記述として最も適切なものを次の(a)~(e)の中から1つ選び、記号を記せ。

- (a) 記憶に基づいた行動は、ほとんどできない。
- (b) 記憶に基づいた行動は、1時間経つとできなくなる。
- (c) 記憶に基づいた行動は、6時間経つとできなくなる。
- (d) 記憶に基づいた行動は、何時間経過してもできる。
- (e) 記憶に基づいた行動は、徐々にできるようになる。

3

次の文章Ⅰ、Ⅱを読み、問1～5に答えよ。(配点比率 教育・応生： $\frac{1}{5}$ ，医： $\frac{1}{3}$)

Ⅰ. 植物の成長を調節するはたらきを担う植物ホルモン類は古くから知られており、詳しい研究が行われてきた。成長の段階の始めでは、種子の発芽に関与するのはジベレリンであり、葉・茎・根の分化には、ジベレリン、、が関与する。植物細胞の成長にはさまざまな植物ホルモンが関与しており、細胞壁の軟化にはが、成長方向の制御では細胞の伸長成長にはジベレリンとが関与し、^①細胞の肥大成長にはエチレンが関与する。花芽の形成には、花芽誘導物質であるフロリゲンが関与し、果実の形成・熟成にはジベレリン、^②、エチレンが関与する。花や葉の老化にも植物ホルモンが関与しており、エチレンとは落果・落葉を促進するが、とは落果・落葉を抑制する。一方、環境ストレスに対する応答も植物の生存にとって重要であり、それらの制御にも複数の植物ホルモンがはたらいている。は種子の休眠に関与し、乾燥ストレスを受けた植物で合成される。昆虫による食害を受けた植物では、システミンによりの合成が誘導され、病原体に感染した植物では、サリチル酸が合成される。それらの植物ホルモンは、^③受容体を介してストレス抵抗性に関わるさまざまな遺伝子の発現を誘導する。

問 1. ～ に適切な語を入れよ。

問 2. 下線部①に関して、以下の問いに答えよ。

ジベレリンは、物質 A から複数の酵素による連続した反応により合成される。その合成過程では、中間産物である物質 B, C, D がつくられる。ジベレリンが合成されるしくみを調べるために、次の実験を行った。

[実験]

トウモロコシにおいて、遺伝子 M, N, O は物質 A からジベレリンが合成される過程ではたらく酵素を指定する。遺伝子 M, N, O それぞれのはたらきを失った突然変異体 m, n, o は、それぞれ^{わいせい}矮性(草丈が高くない形質)を示す。突然変異体 m, n, o に、物質 A, B, C, D またはジベレリンをそれぞれ^{ふんむ}噴霧しながら育てたところ、表 1 の結果が得られた。このとき、噴霧したそれぞれの物質は植物体に十分に取り込まれ、突然変異体の間で取り込まれた量に違いはなかった。

表1 噴霧した物質による突然変異体の草丈の変化

	噴霧した物質				
	物質 A	物質 B	物質 C	物質 D	ジベレリン
突然変異体 m	-	+	-	-	+
突然変異体 n	-	+	-	+	+
突然変異体 o	-	-	-	-	+

+ : 野生型と同じ草丈になった - : 矮性のままだった

(1) 物質 B, C, D は物質 A からジベレリンが合成される過程で, どのような順序でつくられると考えられるか, 適切なものを次の(a)~(f)の中から1つ選び, 記号を記せ。

- (a) 物質 A → 物質 B → 物質 C → 物質 D → ジベレリン
- (b) 物質 A → 物質 B → 物質 D → 物質 C → ジベレリン
- (c) 物質 A → 物質 C → 物質 B → 物質 D → ジベレリン
- (d) 物質 A → 物質 C → 物質 D → 物質 B → ジベレリン
- (e) 物質 A → 物質 D → 物質 B → 物質 C → ジベレリン
- (f) 物質 A → 物質 D → 物質 C → 物質 B → ジベレリン

(2) 遺伝子 M が指定する酵素は, (1)で答えた合成過程においてどの反応を促進すると考えられるか, 30 字以内で記せ。

下書き用 (30 字)

5					10					15					20				

(3) 通常の栽培条件では, 植物体内のジベレリンの量はほぼ一定の範囲内に調節されており, 例えば, ジベレリンの量が増加すると, ジベレリンの新たな合成は抑制される。このような調節のしくみを何とよぶか記せ。

問 3. 下線部②に関して、フロリゲンの合成と移動を調べるために、短日植物のシソを用いて、組織を切断面で接着し1つの個体とする接ぎ木実験を行った。長日条件で育てて花芽を誘導していないシソに、短日条件で育てて花芽を誘導したシソの葉1枚を接ぎ木して、長日条件で育てたところ、接ぎ木されたシソに花芽がついた。この結果より、フロリゲンが日長にตอบสนองして葉でつくられ、師管を通して花芽形成部位へと移動して作用すると考えた。この実験の対照実験として、どのような実験が最も適切か、次の(a)~(e)の中から1つ選び、記号を記せ。

- (a) 接ぎ木せずにシソを短日条件で育てる。
- (b) 接ぎ木せずにシソを長日条件で育てる。
- (c) 短日条件で育てて花芽を誘導したシソに、長日条件で育てて花芽を誘導していないシソの葉1枚を接ぎ木して、長日条件で育てる。
- (d) 短日条件で育てて花芽を誘導したシソに、短日条件で育てて花芽を誘導したシソの葉1枚を接ぎ木して、長日条件で育てる。
- (e) 長日条件で育てて花芽を誘導していないシソに、長日条件で育てて花芽を誘導していないシソの葉1枚を接ぎ木して、長日条件で育てる。

問 4. 下線部③に関して、実験的に、サリチル酸を分解する活性を有する微生物由来の酵素遺伝子を発現する遺伝子組換え植物を作成した。遺伝子組換え植物と非遺伝子組換え植物の下部に位置する葉に病原体を接種したところ、感染部位の周囲で細胞死が起こった。次に、同じ植物体で上部に位置する葉に病原体を接種したところ、非遺伝子組換え植物と比べて遺伝子組換え植物では、病原体に感染しやすくなった。その理由を以下の2つの語句を用いて50字以内で記せ。

(語句) サリチル酸, 病害抵抗性遺伝子

下書き用 (50字)

5					10					15					20				

II. エチレンはさまざまな環境ストレスによって生成され、エチレン応答遺伝子の発現を誘導する。これまでに、芽生えの成長の形態変化などをエチレン応答の目印として、エチレンの作用に異常があるシロイヌナズナの変異体が見つけられている。それら変異体を用いた解析から、エチレンの情報伝達には、タンパク質 W, X, Y が関わるということが明らかになった。エチレンが存在しない状態では、エチレン受容体タンパク質 W は、タンパク質 X に作用して X のはたらきを促進する。すると、促進作用を受けた X が、エチレン応答を引き起こすタンパク質 Y のはたらきを抑制するため、エチレン応答が起こらない。一方、エチレンが存在する場合、W はエチレンと結合することによって X への促進作用を失う。すると、X は Y のはたらきを抑制できなくなり、エチレン応答が引き起こされる。タンパク質 W, X, Y は、それぞれに対応する遺伝子 W, X, Y によって作り出されるが、次の(i)~(iii)に示す変異遺伝子 W_m, X_m, Y_m が見つかった。

- (i) 変異遺伝子 W_m からは、エチレンに結合できない変異タンパク質 W_m がつくられる。
W_m は W に対して優性である。
- (ii) 変異遺伝子 X_m からは、W からののはたらきかけの有無にかかわらず Y を抑制できない変異タンパク質 X_m がつくられる。X_m は X に対して劣性である。
- (iii) 変異遺伝子 Y_m からは、エチレン応答が引き起こせない変異タンパク質 Y_m がつくられる。Y_m は Y に対して劣性である。

問 5. W_m 変異体(遺伝子型：W_mW_mXXYY)と X_m 変異体(遺伝子型：WWX_mX_mYY)を交配して得られた雑種第一代(F₁)とその自家受精によってできた雑種第二代(F₂)について、以下の問いに答えよ。ただし、W と X は互いに異なる染色体上に存在していることがわかっている。

- (1) F₁ の個体および遺伝子型が W_mW_mX_mX_mYY の F₂ の個体のエチレン応答はそれぞれどうなるか、以下の[表現型](a)~(c)の中から1つずつ選び、記号を記せ。
- (2) F₂ での表現型の分離比は、理論上どうなるか。以下の[表現型](a)~(c)を示す個体数の比を最も簡単な整数比で記せ。ただし、出現しない表現型は0とする。

[表現型]

- (a) エチレンが存在すると、エチレン応答が起こるが、エチレンが存在しなければ、エチレン応答は起こらない。
- (b) エチレンが存在しても存在しなくても、エチレン応答は起こらない。
- (c) エチレンが存在しても存在しなくても、エチレン応答が起こる。

4

次の文章を読み、問1～3に答えよ。(配点比率 教育・応生： $\frac{1}{5}$)

わが国では、1991年に日本の絶滅のおそれのある野生生物の種について、それらの生息状況等を取りまとめた最初のレッドデータブックを作成した。その後、2012年に公表した環境省レッドリストでは、分類群別に見ると、日本に生息・生育するハチュウ類および両生類の3割強、哺乳類および維管束植物の2割強、鳥類の1割強にあたる種が絶滅危惧種に選定されている。

この中には、南西諸島や小笠原諸島などの島嶼域とうしょに生息・生育する種も多くあり、ヤンバルクイナ、ツシマヤマネコなどの一部の種では、保護増殖の取り組みを行っている。イヌワシのように全国規模で絶滅が危惧されている種もある一方で、四国山地のツキノワグマなどのように、地域的に絶滅のおそれがある野生動物も含まれている。これらの動物の減少要因としては、さまざま①なものがあり、それらの要因を取り除くことは容易なことではない。たとえいくつかの要因が取り除かれても、個体数を回復させることは非常に困難な場合がある。

何らかの負の環境変化は、それぞれの種または各地域の個体群の繁殖や生存に悪影響を及ぼすかもしれない。例えば、シジュウカラという鳥は、1回に8～9個の卵を産む。実験的に、他の母鳥からの卵を別の抱卵中の巣に追加しても、卵を追加された母鳥はそのまま温めるため、一腹卵数(1回の巣作りで産む卵の数)は母親の抱卵能力によって決まるものではない。しかし、孵化ふかしたヒナには影響が見られる。つまり、種や個体群ごとに、繁殖と生存などには最適な関係がある。②

加えて、集団サイズが大幅に減少すると、遺伝的な影響が大きくなり、集団全体の遺伝的構成に偏りが生じる。③その後集団サイズが回復したとしても、一度生じた偏りの影響は引きずられる。

種の絶滅のおそれを低下させていくためには、個々の種に着目するだけでなく、重要な地域を特定して重点的に対策を講じていくことも検討しなければならない。トキやコウノトリ、ツシマヤマネコ、ヤンバルクイナなどでは、保護増殖が進められ、それらの野生復帰を進めていくことは、多様な野生生物を育む空間づくりの象徴として重要である。森林や水田などに依存する動物の野生復帰を進めるためには、生物多様性の保全に配慮した農林業とそれらを通じて餌となる多くの生物を育むことが必要である。

(環境省(2012)「生物多様性国家戦略2012-2020」, p.34-44, p.75-98 と
野間口眞太郎ら訳(2015)「行動生態学」, p.12-20 より一部改変)

問 1. 下線部①に関して，以下の問いに答えよ。

- (1) 野生動物が絶滅に向かうこのような悪循環や加速の過程を何とよぶか記せ。
- (2) 図 1 は，野生動物が絶滅へ向かう過程を模式的に示した個体数の変化である。生物の一般的な減少要因には，要因 A として「生息地の破壊」，「環境汚染」，要因 B として「適応度の低下」，「アリー効果の低下」がある。これらの要因以外に，要因 A と要因 B にあてはまるものをそれぞれ 2 つずつ記せ。
- (3) 野生動物が絶滅へ向かう過程について，「要因 A」と「要因 B」の 2 つの語を用いて，60 字以内で記せ。

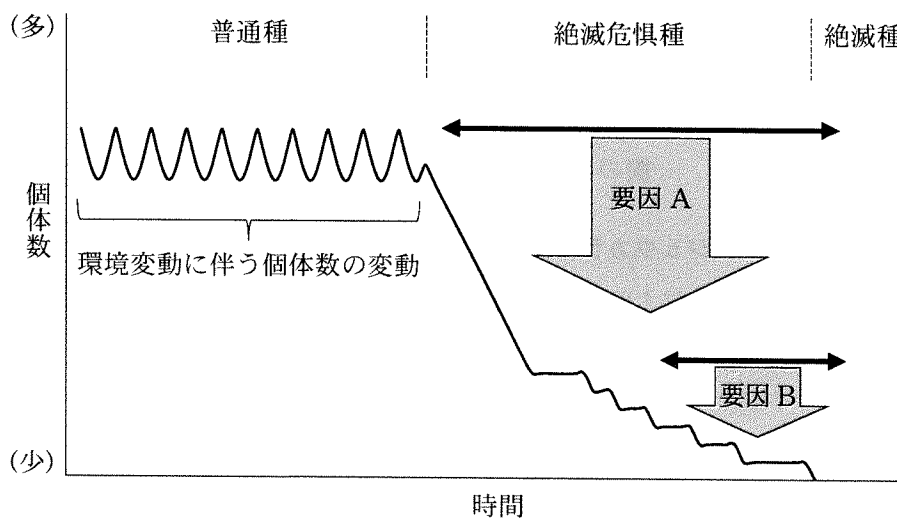


図 1 野生動物が絶滅していく過程の模式図

(村田浩一・坪田敏男編(2013)「野生動物学」, p.262 より一部改変)

下書き用(60字)

5					10					15					20				

問 2. 下線部②に関して、シジュウカラでは、一腹卵数やヒナの成長と母鳥の負担には関連がみられる。以下の問いに答えよ。

(1) 一腹のヒナの数进行操作する実験を行ったところ、ヒナの数と体重と生存率のそれぞれの間に関連がみられた。図2の(a)と(b)から読み取れる結果をそれぞれ40字以内で記せ。

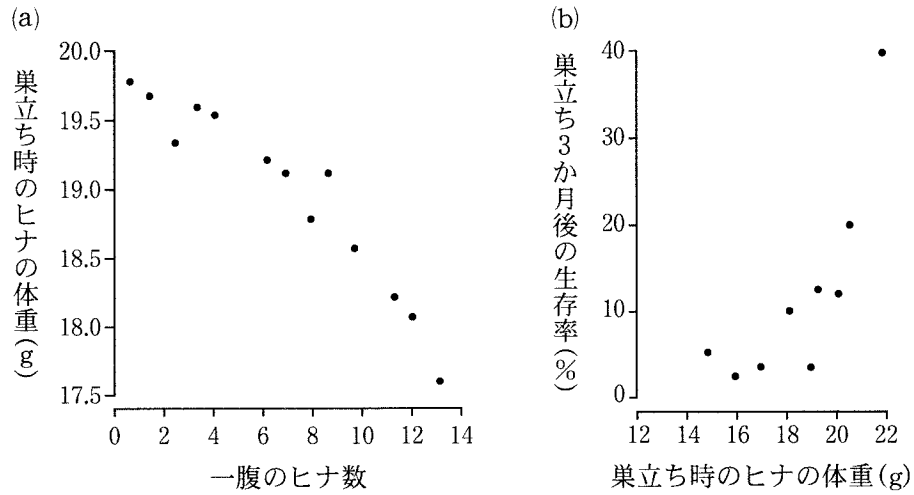


図2 シジュウカラにおいて一腹のヒナの数进行操作した実験の結果
 (野間口眞太郎ら訳(2015)「行動生態学」, p.16 より一部改変)

下書き用(40字)

図2(a)

下書き用(40字)

図2(b)

(2) 図3のように一腹卵数と母鳥の負担の間には関連がみられる。シジュウカラにとって最適な一腹卵数はどのような場合であるか。図3のa～fの中から1つ選び、選んだ理由を60字以内で記せ。

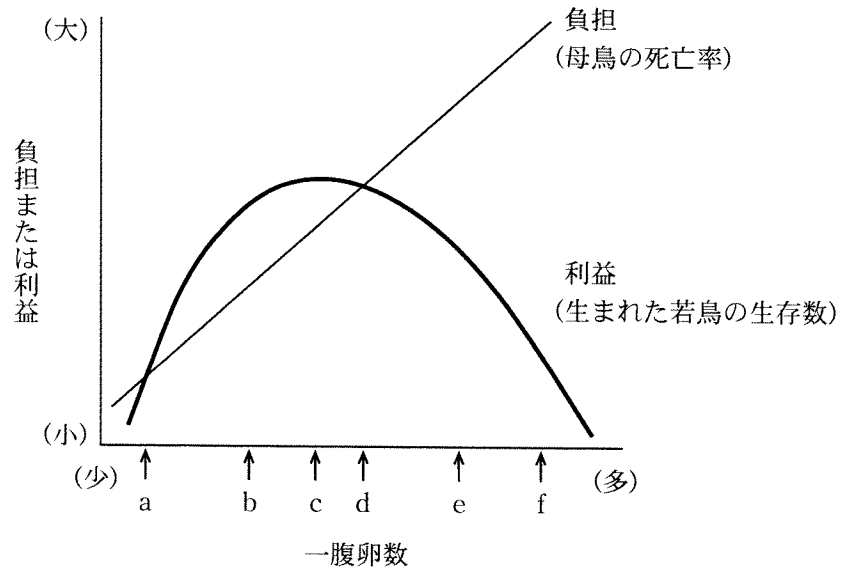


図3 シジュウカラにおける一腹卵数と母鳥のその後の死亡率の関係
(野間口眞太郎ら訳(2015)「行動生態学」, p.17より一部改変)

下書き用(60字)

5					10					15					20				

問3. 下線部③に関して、以下の問いに答えよ。

(1) 自然選択とは無関係に、遺伝子プールの中で、ある対立遺伝子だけが残ったり、消失したりする。このような偶然によって集団内の遺伝子頻度が変化する現象を何とよぶか記せ。

(2) 下線部③の効果のことを何とよぶか記せ。

5 次の文章を読み、問1～5に答えよ。(配点比率 教育・応生： $\frac{1}{5}$)

新型コロナウイルスによって引き起こされる新型コロナウイルス感染症は、2019年に発生し、世界各地でアウトブレイク(大規模かつ集団的に感染症が発生すること)を繰り返し、今もなお私たちの生活に大きな影響を与えている。

コロナウイルスは直径約100nmの球状のウイルスである。ウイルス表面には突起状のタンパク質(スパイクタンパク質)が存在し、その形態が王冠に似ていることからギリシャ語で王冠を意味するコロナという名前が付けられた。コロナウイルスの内部にはウイルスゲノムとして1本鎖RNAが存在し、1本鎖RNAの状態では遺伝情報が保持されている。コロナウイルスのゲノムRNAにはわずか10種類程度の遺伝子しか存在しない。これらの遺伝子の中には、ウイルス粒子を構成するのに必要な4つの構造タンパク質(スパイクタンパク質を含む)を指定する遺伝子や、ゲノムRNAの複製に必要なRNA依存性RNAポリメラーゼ(RNAを鋳型にして1本鎖RNAを合成する酵素)を指定する遺伝子などが含まれる。残りの遺伝子は、アクセサリタンパク質とよばれるタンパク質を指定しており、宿主細胞からウイルス粒子が放出されるのを促進する役割や、宿主の免疫反応から回避する役割を果たしている。

宿主に感染する際には、スパイクタンパク質が宿主細胞の表面に存在するACE2とよばれるタンパク質と結合し、ウイルス粒子が宿主細胞内に取り込まれる。その際に、ゲノムRNAが宿主細胞質中に放出される。宿主細胞質中では、放出されたゲノムRNAがmRNAとして機能する。まず、放出されたゲノムRNAに宿主細胞のリボソームが結合し、ゲノムRNAの塩基配列にしたがってRNA依存性RNAポリメラーゼが翻訳される。その後、翻訳されたRNA依存性RNAポリメラーゼのはたらきによってゲノムRNAの複製が起こる①。次に、ゲノムRNAから構造タンパク質が翻訳される。翻訳された構造タンパク質は宿主細胞の小胞体からゴルジ体へ輸送される。構造タンパク質を取り込んだゴルジ体はゴルジ小胞を形成し、複製されたゲノムRNAを包み込んで新たなウイルス粒子ができあがる。新たなウイルス粒子は、エクソサイトーシスによって細胞外へ放出される。

厚生労働省は、エボラ出血熱(RNAウイルスであるエボラウイルスによって引き起こされる②感染症)の治療薬として開発されたレムデシビルを新型コロナウイルス感染症の治療のために使用することを承認した。また、mRNAワクチンが開発され、mRNAワクチン接種をすることにより発症の予防や症状の緩和が可能になった③。一方で、新型コロナウイルスについては、デルタ株、オミクロン株などの亜株が次々と出現し、④今もなお新型コロナウイルス感染症との戦いは続いている。

問 1. コロナウイルスは自己増殖能をもたず，増殖するためには宿主の細胞に感染する必要がある。その理由を 60 字以内で記せ。

下書き用 (60 字)

問 2. 下線部①に関して，RNA 依存性 RNA ポリメラーゼによってコロナウイルスのゲノム RNA が複製されるためには，2 回の RNA 合成反応が起こる必要がある。その理由を 100 字以内で記せ。

下書き用 (100 字)

問 3. 下線部②に関して，レムデシビルはアデノシンヌクレオチド(リボースにアデニンとリン酸が結合した核酸)と類似した構造をもつ化合物である。この治療薬は，宿主細胞にウイルスが感染して，新たなウイルス粒子が放出されるまでの，どの段階を特異的に阻害する作用をもつと考えられるか。最も適切なものを，次の(a)～(e)の中から 1 つ選び，記号を記せ。

- (a) スパイクタンパク質が宿主細胞の ACE2 と結合する段階を阻害する。
- (b) ウイルス粒子が宿主細胞内に取り込まれる段階を阻害する。
- (c) ウイルスのゲノム RNA が複製される段階を阻害する。
- (d) 複製されたゲノム RNA がゴルジ小胞に包み込まれて新たなウイルス粒子が作られる段階を阻害する。
- (e) ウイルス粒子が宿主細胞外へ放出される段階を阻害する。

問 4. 下線部③に関して、mRNA ワクチン接種とは、スパイクタンパク質を指定する mRNA を細胞膜に似た性質をもつ小さな粒子の中に包み込んだものを、筋肉内に接種することである。これによって筋細胞などの細胞質中に mRNA を取り込ませ、実際にコロナウイルスに感染したときと同じように、細胞の中でスパイクタンパク質を翻訳・産生させることができる。mRNA ワクチン接種によって、新型コロナウイルス感染症の発症予防や症状の緩和が期待される理由として適切なものを、次の(a)~(e)の中から2つ選び、記号を記せ。

- (a) mRNA ワクチンによってスパイクタンパク質に対する特異的な自然免疫を予め活性化^{あらかじ}させることができる。これによってウイルス感染が起こった際に強い自然免疫がはたらき、スパイクタンパク質をもつウイルスが速やかに排除されるようになるから。
- (b) mRNA ワクチンによってスパイクタンパク質を発現する細胞に対する特異的な細胞性免疫を予め活性化させることができる。これによってウイルス感染が起こった際に強い細胞性免疫がはたらき、感染した細胞が速やかに排除されるようになるから。
- (c) mRNA ワクチンによってスパイクタンパク質に対する特異的な体液性免疫を予め活性化させることができる。これによってウイルス感染が起こった際に強い体液性免疫がはたらき、スパイクタンパク質をもつウイルスが速やかに排除されるようになるから。
- (d) mRNA ワクチンによってスパイクタンパク質を発現する細胞に対する特異的な自己免疫を予め活性化させることができる。これによってウイルス感染が起こった際に強い自己免疫がはたらき、感染した細胞が速やかに排除されるようになるから。
- (e) mRNA ワクチンによってスパイクタンパク質を指定する mRNA に対する RNA 干渉作用を予め活性化させることができる。これによってウイルス感染が起こった細胞の中で強い RNA 干渉作用がはたらき、ウイルスの増殖が抑制されるようになるから。

問 5. 下線部④に関して，新型コロナウイルスの RNA 依存性 RNA ポリメラーゼは複製の精度を欠き，複製過程でゲノム RNA の変異が生じることが知られている。新型コロナウイルスについては，スパイクタンパク質に異なるアミノ酸変異をもった亜株が次々と誕生し，感染拡大することが繰り返された。このように，異なるアミノ酸変異をもった亜株の感染拡大が繰り返し起こった理由として，2つの可能性があると考えられている。そのうち1つは，スパイクタンパク質のアミノ酸変異によってより強く ACE2 に結合できるようになった亜株が，感染力を増し，選択的に増殖した可能性である。もう1つの可能性について100字以内で記せ。

下書き用 (100字)

5					10					15					20				

