

理 科

15:00~17:30

解 答 上 の 注 意

1. 試験開始の合図があるまで、この問題紙を開いてはならない。
2. 問題紙は53ページある。このうち、「物理」は2~11ページ、「化学」は12~26ページ、「生物」は27~45ページ、「地学」は46~53ページである。
3. 「物理」、「化学」、「生物」、「地学」のうちから、あらかじめ届け出た2科目について解答せよ。各学部・系・群・学科・専攻の必須科目(◎印)と選択科目(○印)は下表のとおりである。

科目	学部・系・群・学科・専攻	総合入試					学部別入試									
		理 系					医 学 部					歯 学 部	獣 医 学 部	水 産 学 部		
		数学重点選抜群	物理重点選抜群	化学重点選抜群	生物重点選抜群	総合科学選抜群	医 学 科	保 健 学 科								
								看護学専攻	放射線技術科学専攻	検査技術科学専攻	理学療法学専攻				作業療法学専攻	
物 理	○	◎	○	○	○	◎	○	◎	○	○	○	○	○	○	○	○
化 学	○	○	◎	○	○	○	○	○	◎	○	○	○	○	○	○	○
生 物	○	○	○	◎	○	○	◎	○	○		○	○	○	○	○	○
地 学	○	○	○	○	○											○

4. 受験する科目のすべての解答用紙には、受験番号および座席番号(上下2箇所)を、監督者の指示に従って、指定された箇所に必ず記入せよ。
5. 解答はすべて解答用紙の指定された欄に記入せよ。
6. 必要以外のことを解答用紙に書いてはならない。
7. 問題紙の余白は下書きに使用してもさしつかえない。
8. 下書き用紙は回収しない。

生 物

1 次の文章を読み、それぞれの問に答えよ。

北海道大学の札幌キャンパスをポプラ並木の方に進んで散策すると、理学部6号館近傍に小麦研究記念碑を見つけることができる(図1)。北海道大学の農場では、かつて麦類の多数の系統が収集・栽培されており、坂村徹博士は、小麦の正しい染色体数を同定した功績を残している。木原均博士は、小麦の種間雑種の細胞学的研究を進めた。この記念碑がある場所は、当時の北海道大学の農場内で、木原均博士が小麦の研究を開始した場所にちなんでいる。記念碑の周りには、3つの丸い石が配置されている。この3つの石は、異質六倍体であるパンコムギの祖先種である3種のゲノムを表している。木原均博士は、ゲノムの概念「生存に必要な最小の染色体のセット」を提唱し、ゲノム分析からパンコムギの3つの祖先種を明らかにした。



図1 北海道大学のキャンパスにある小麦研究記念碑

ゲノム分析の応用として、タネなしスイカの作出方法が考案されている。 タネ^bなしスイカは、コムギ研究で得られた知見をもとに考案されたもので、三倍体が^c不稔(タネができないこと)になることを利用している。

タネなし果実を得る方法として、ブドウでは植物ホルモン処理の技術が知られている。開花前と開花後にブドウの花房をある植物ホルモンで処理を行うこと^dによって種子のないブドウ果実を得ることができる。

三倍体の育成方法として、二倍体の植物体で三倍性を示す部位に着目した方法^eも考えられている。 この部位を組織培養によって植物体に再生させると、三倍体^fを作出することができる。

問 1 下線部 a のゲノム分析について、アブラナ属 (*Brassica*) 植物でも研究が進み、ゲノム組成は次の図 2 のようになることが明らかになっている。*Brassica nigra* はクロガラシ、*Brassica oleracea* はキャベツやブロッコリーなど、*Brassica rapa* はハクサイやカブなど、*Brassica carinata* はアビシニアカラシ、*Brassica juncea* はタカナ、*Brassica napus* はナタネなどを含んでおり、重要なアブラナ属植物の野菜が A, B, C と名付けられたゲノムをもとに種間交雑で成立していることがわかる。図中の *Brassica oleracea*, *Brassica napus*, *Brassica rapa* の染色体数とゲノム組成を答えよ。なお、図中の $2n$ は体細胞の染色体数を示している。

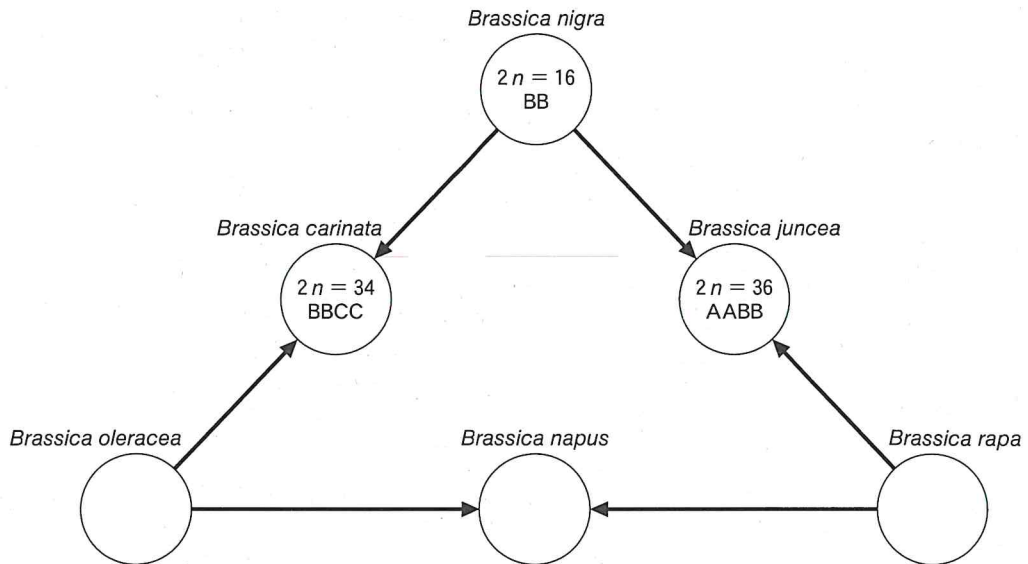


図 2 アブラナ属植物のゲノム組成と染色体数

問 2 下線部 b について、以下はタネなしスイカの作出方法を説明した文章である。 ~ に入る適切なものを(A)~(E)から 1 つ選び、記号で答えよ。

二倍体のスイカの植物体の成長点に、細胞分裂時に紡錘糸形成を阻害するコルヒチン进行处理して を育成する。 のスイカの雌花に の花粉をつけて、種子を得る。この種子を発芽させると、 のスイカができる。このスイカは果実を膨らませることができるが、果肉に種子は含まれず、タネなしスイカとなる。

(A) 一倍体 (B) 二倍体 (C) 三倍体 (D) 四倍体 (E) 五倍体

問 3 下線部 c について、なぜ不稔になるのか、その仕組みを 30 字以内(句読点を含む)で説明せよ。

問 4 下線部 d について、この植物ホルモンの名称を答えよ。また、その処理の効果を最も適切に説明した文を(A)~(E)から 1 つ選び、記号で答えよ。

- (A) 開花前の処理では開花を促進し、開花後の処理で正常な受精を阻害する。
- (B) 開花前の処理では開花を遅延させ、開花後の処理で正常な受精を促す。
- (C) 開花前の処理では正常な受精を促進し、開花後の処理で子房の発達を促す。
- (D) 開花前の処理では正常な受精を阻害し、開花後の処理で子房の発達を促す。
- (E) 開花前の処理では正常な受精を促進し、開花後の処理で正常な受精を阻害する。

問 5 下線部 e について、二倍体の被子植物の生活環の中で、三倍性を示す植物の部位の名称を答えよ。

問 6 下線部 f について、その実験方法について説明した以下の文章を読み、次の間に答えよ。

‘この部位’を含む植物器官を次亜塩素酸ナトリウムで殺菌した後、クリーンベンチ(無菌操作を行うことができる実験台)内に取り出して、滅菌した蒸留水ですすいだ。その後、植物器官をシャーレ上に移し、ナイフで切り開いて‘この部位’を摘出し、植物ホルモンであるオーキシシンとサイトカイニンを含む培地で‘この部位’を培養すると (エ) と呼ばれる 未分化の細胞塊^g が増殖した。

(エ) をサイトカイニンの濃度を上げた培地に移植すると、芽の形成が観察された。この芽を切り出し、オーキシシンを含む培地に移植すると根の形成がみられ、植物ホルモンを含まない培地に移すと植物体になった。この植物体の根端細胞の染色体を観察したところ、三倍体^h になっていることが確認できた。

問 6-1 (エ) に入る適切な語句を答えよ。

問 6-2 下線部 g のように、分化した器官や組織が、分化した状態を失うことを何というか答えよ。

問 6-3 下線部 h のようにして、今あなたが三倍体と確認できた植物を手に入れたとする。二倍体植物の種子(三倍体と同一の植物種)と三倍体植物をもとに、五倍体植物を作出する実験方法を 50 字~100 字(句読点を含む)で述べよ。なお、この植物種の二倍体、四倍体、六倍体は稔性があるものとする。

2 次の文章を読み、それぞれの問に答えよ。

ヒトにおいて食事という行為および食物の消化吸収代謝において、様々なタンパク質が関与する。食物を摂取する前に視覚や嗅覚でその存在を認識し、口で含んでから舌で味を認識するが、それらの情報を感知するタンパク質分子の総称を受容体と呼ぶ。視細胞で光を受容する (ア) という視物質は、オプシンというタンパク質とレチナールという物質が結合したものである。レチナールは、食物由来のビタミンAから作られ、ビタミンAの摂取が不足すると (イ) を構成できず、 (イ) が正常に起こらない夜盲症となることがある。

咀嚼しやく後に唾液とともに飲み込まれた食物は胃において部分的な消化を受けたのち、小腸において本格的な消化吸収がおこなわれる。食物の消化にもタンパク質が主要な役割を担い、それらを総称して消化酵素と呼ぶ。

胃の粘膜細胞からは、 (ウ) というタンパク質分解酵素とともに (エ) を主成分とする胃酸が分泌される。 (エ) の働きにより、胃内のpHは (オ) 未満に保たれ、これにより食物の可溶化と、殺菌の作用も伴う。

胃内で混和、部分消化を受けた食物はび粥(じゅく)として胃液とともに小腸に送られる。上部小腸管腔内では、胆のうから分泌された胆汁(胆汁酸塩を含む)と、膵臓から分泌された膵液(消化酵素(アミラーゼ、リパーゼ、トリプシンなど)とアルカリ性の炭酸水素イオン(HCO_3^-)を含む)の働きで、三大栄養素は加水分解され、吸収上皮細胞に取り込まれやすいように低分子化される。それぞれの酵素が作用する基質は決まっており、このような性質を (カ) と呼ぶ。また、低分子化された栄養素(単糖、脂肪酸、ペプチド、アミノ酸など)は、輸送体と呼ばれるタンパク質を介して吸収上皮細胞に取り込まれる。このような特定の物質のみを透過させる細胞膜の性質を (キ) という。

問1 文中の (ア) ~ (キ) に入る適切な語句を答えよ。

問 2 生体膜はリン脂質二重層からなることから、タンパク質の働きを介さない物質の透過もおこる。その場合、どのような性質をもつ分子が最も透過しやすいか、(A)~(D)から1つ選び、記号で答えよ。

- (A) 親水性で小さな分子
- (B) 親水性で大きな分子
- (C) 疎水性で小さな分子
- (D) 疎水性で大きな分子

問 3 図1は食物の消化に関わる下記3つの酵素に関して、反応速度とpHの関係を模式的に示したものである。それぞれの酵素の性質を示す曲線としてふさわしいものを曲線A~Cより選べ。

唾液アミラーゼ；前頁文中の ウ；トリプシン

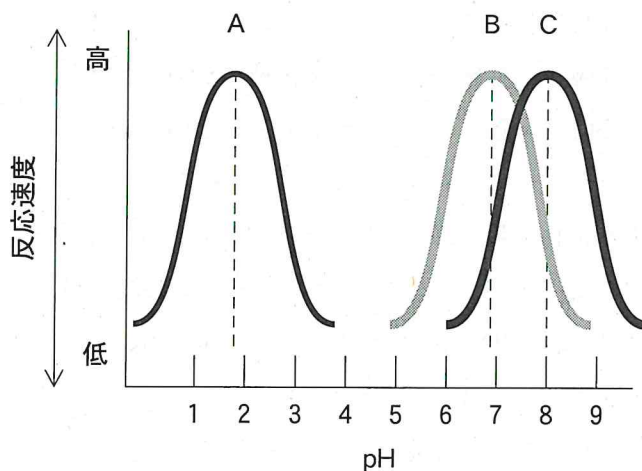


図1

問 4 図1にあるような反応速度が最大となる際のpHを何と呼ぶか答えよ。

問 5 胃での胃酸分泌，すい臓から上部小腸管腔内への炭酸水素イオン分泌は，食物の消化において重要な役割を持つ。消化酵素が作用する上で，(1)胃での胃酸の役割，(2)上部小腸での炭酸水素イオンの役割をそれぞれ説明せよ。

問 6 体内に取り込まれた栄養素は，体の構成成分，機能調節，エネルギー産生に利用される。ヒトにとっての五大栄養素のうち，エネルギー基質となる主要な栄養素の名称を全て答えよ。

問 7 真核生物の細胞では取り込んだ栄養素を呼吸により分解して ATP を合成しており，呼吸商を算出することでどの栄養素を基質としているかを推定できる。呼吸商を求める計算式として正しいものを(A)~(D)から1つ選び，記号で答えよ。

(A) 呼吸商 = 発生 CO_2 の体積 / 消費(吸収) O_2 の体積

(B) 呼吸商 = 消費(吸収) O_2 の体積 / 発生 CO_2 の体積

(C) 呼吸商 = 消費(吸収) CO_2 の体積 / 発生 O_2 の体積

(D) 呼吸商 = 発生 O_2 の体積 / 消費(吸収) CO_2 の体積

問 8 炭水化物を基質とする際の呼吸商は約 1.0，脂質を基質とする際は約 0.7 とされる。このように脂質より炭水化物の呼吸商が高い理由は，各基質の化学式(組成)に基づいて説明できる。下記説明文の(1)と(2)にふさわしい簡潔な文章を書き，説明文を完成せよ。

代表的な炭水化物 グルコース： $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$

代表的な脂質 トリステアリン： $\text{C}_{57}\text{H}_{110}\text{O}_6$

<説明文>

「炭水化物の方が脂質よりも 。そのため，呼吸により炭水化物を分解するには脂質を分解するよりも ことから，炭水化物の呼吸商は脂質よりも高くなる。」

3 次の文章を読み、それぞれの問に答えよ。

動物の発生では、もともと1細胞である受精卵が細胞分裂を繰り返し、それぞれの細胞が分化しながら組織や器官が形成され、最終的に複雑な構造をもつ体ができあがる。発生過程において複雑な組織や器官が形成されていくためには、それぞれの細胞が秩序だった方向へと分化する必要がある。初期胚では、卵割期を経て分裂した細胞を多数持つようになると、形態形成運動が起これり、原腸が形成されるが、この頃に分化した外胚葉、中胚葉、内胚葉の3つの胚葉形成は多様な体細胞を生み出す最初の分岐点であり、初期分化に関わる分子などに異常が生じると、その後の器官の原基が形成されず致死になることが多い。

脳や脊髄に代表される脊椎動物の中樞神経系は、外胚葉由来の神経管から形成される。マウスの神経管形成の初期では、背側の外胚葉に神経板が形成され、その両側部分の神経褶(しゅう)が隆起する(図1)。表皮領域の細胞はE-カドヘリンタンパク質を、神経板の細胞はN-カドヘリンタンパク質をそれぞれ発現する。一方、神経褶の細胞はどちらのカドヘリンも発現せず、表皮細胞にも神経板細胞にも分化していない未分化の性質を持っている。やがて神経板の陥入後に、正中線上で向かい合う神経褶部分が癒合し、最終的に表皮領域と神経板領域がそれぞれの領域同士で融合することで神経管が閉鎖する(神経管閉鎖)。しかし、神経管閉鎖のタイミングにおいて神経褶が表皮または神経細胞に分化・癒合、あるいはそれら以外の細胞に分化するかについては良くわかっていなかった。

常染色体上に存在する遺伝子Pの変異型のホモ接合体(機能欠損型の劣性対立遺伝子pのホモ接合pp)では、神経管閉鎖のタイミングにおいてN-カドヘリンタンパク質の発現が神経褶細胞で確認され、その後の神経褶の癒合が起こらない表現型を示すことがわかった(神経管閉鎖不全)。したがって、遺伝子Pは神経褶の癒合や分化に重要な役割を果たしていることが予想される。そこで神経管閉鎖における遺伝子Pの役割を調べるために、新たに野生型雄マウスのゲノムに遺伝子Pと緑色蛍光タンパク質(GFP)遺伝子をつないだDNAを人為的に組み込んだ結果、遺伝子Pのある常染色体とは異なる常染色体(系統1)、遺伝子Pのある常染色体と同じ常染色体(系統2)、X染色体(系統3)のそれぞれの1箇所に組み込まれた3系統のトランスジェニックマウスが得られた。

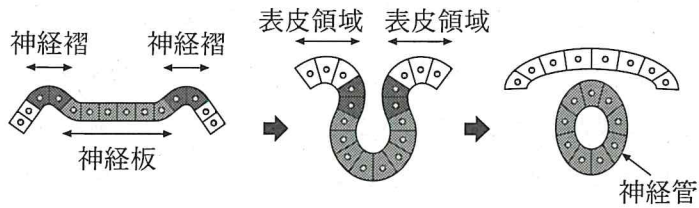


図 1

問 1 下線部 a について、動物の種類によって卵割の様式は異なっているが、下記の(1)または(2)のような卵割の特徴を有する最も適切な動物を(A)~(E)からそれぞれ1つ選び、記号で答えよ。

- (1) 卵黄量が多く植物極側に偏って分布し、第3回目から割球に大小が生じる不等割分裂を行う。
- (2) 卵割の初期では、核分裂は行うが細胞質分裂は行わない。

- (A) ウニ (B) カエル (C) ヒト
 (D) ニワトリ (E) ハエ

問 2 下線部 b について、胞胚期のカエル胚を高塩濃度の培養液中で発生させると、中胚葉予定細胞と内胚葉予定細胞が内部に陥入せず胚の外側に出た外原腸胚となる。この胚では正常な神経組織がほとんど見られなくなるが、その要因として、ある形成体の機能不全が考えられる。その形成体の名称を答えよ。

問 3 下線部cについて、胚発生過程における組織の分化誘導因子はカエルを用いて検証・同定され、数種の因子はマウスやヒトの臓器や組織分化の誘導にも重要な役割を果たしていることがわかってきた。胞胚期のカエル胚の外胚葉細胞には多能性があり、この領域を切り出して、様々な分子を添加して培養すると表1に示すように様々な組織に分化することがわかる。表から読み取れる組織分化の特性について、次の文章の (ア) ~ (オ) に適切な語句を表中の単語を使用して答えよ。

側板の上部に形成され、生殖器官や排出器官の原基である (ア) が分化するには (イ) と (ウ) が必要である。また脊椎動物と原索動物を合わせた門レベルでの分類を特徴付ける (エ) が分化するには (イ) が必要であるが、その (イ) による (エ) の分化は (ウ) または (オ) によって抑制される。一方、外胚葉領域が予定運命通り表皮に分化するには (オ) による (イ) の中胚葉誘導の抑制も重要な役割を果たしていると考えられる。

表 1

アクチビン	添加物質 (ng/mL)		分化した主な組織
	レチノイン酸	フォリスタチン	
0	0	0	表皮
	30	0	表皮
	0	100	表皮
0.5	0	0	表皮・体節
1	0	0	体節
10	0	0	脊索
	0.3	0	脊索・体節
	30	0	腎節
	0	10	体節
	0	100	表皮

問 4 脊椎動物では、減数分裂を行う過程で相同染色体の本数(n)に応じた組合せ(2^n 通り)を持つ娘細胞が生じる。この染色体の組合せの多様性は、マウスの精子形成過程ではどの時期に生じるか、以下の(A)~(D)から1つ選び、記号で答えよ。

- (A) 精原細胞~一次精母細胞 (B) 一次精母細胞~二次精母細胞
(C) 二次精母細胞~精細胞 (D) 精細胞~精子

問 5 下線部dについて、遺伝子Pと同一の染色体上に存在する特有の配列(マーカー配列Q)を調べると、変異型遺伝子pを持つ染色体では、マーカー配列Qも同時に変異していることがわかった(変異配列q)。野生型(PPQQ)の雌とPpQq型のヘテロ変異体の雄を交配し、F1世代の子供の遺伝子型を調べると、PPQQ型の個体が47.5%の割合で存在していた。この割合は、遺伝子Pとマーカー配列Q間での乗換えにより生じた組換えが反映された結果を示しているものとし、減数分裂時における遺伝子Pとマーカー配列Q間の組換え価を求め、百分率(%)で答えよ。F1世代の解析は十分な個体数を用い、全ての個体では同等に組換えが生じるものとする。また遺伝子Pとマーカー配列Q間での二重乗換えはないものとする。

問 6 下線部 e について、遺伝子 P のヘテロ接合体の雌(遺伝子型 Pp)とトランスジェニックマウス系統 1 ~ 3 のそれぞれの雄(系統 1 と 2 では GFP 遺伝子を連結した目的遺伝子 P のヘテロ接合体, 系統 3 では X 染色体に GFP 遺伝子を連結した目的遺伝子 P が 1 個組み込まれている個体を使用)を交配し、F1 世代のマウスを得た後に、F1 マウス同士を交配して、F2 世代のマウス胚を得た。F2 世代において、遺伝子型 pp 胚が出現する確率を求め、(A)~(O)から選び、記号で答えよ。また遺伝子型 pp 胚のうち、GFP の発現が観察される胚の出現する確率をトランスジェニックマウス系統 1 ~ 3 のそれぞれで求め、(A)~(O)から選び、記号で答えよ。GFP 遺伝子を連結した目的遺伝子 P はどの染色体に組み込まれても、ホモ・ヘテロ接合体のどちらにおいても野生型遺伝子 P と同等に発現するものとする。また F1, F2 世代ともに十分な個体数を用い、雌雄は同頻度で出生し、減数分裂時に起こる組換えは、考慮しないものとする。マーカー配列は、形質には影響を与えない。

- | | | | | |
|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|
| (A) 0 | (B) $\frac{1}{512}$ | (C) $\frac{1}{256}$ | (D) $\frac{7}{256}$ | (E) $\frac{1}{32}$ |
| (F) $\frac{1}{16}$ | (G) $\frac{1}{12}$ | (H) $\frac{7}{64}$ | (I) $\frac{1}{8}$ | (J) $\frac{1}{4}$ |
| (K) $\frac{7}{16}$ | (L) $\frac{1}{2}$ | (M) $\frac{9}{16}$ | (N) $\frac{7}{12}$ | (O) 1 |

問 7 問 6 で作製した F2 世代のトランスジェニックマウス胚では、神経管閉鎖が正常に行われることがわかった。また神経管閉鎖のタイミングにおける GFP 発現を確認すると神経褶にのみ発現し、また神経褶において E-カドヘリンの発現が観察された。遺伝子 P の神経褶における機能について、これらの実験から導き出される結論として正しいものを(A)~(E)から 1 つ選び、記号で答えよ。GFP を連結した遺伝子 P のタンパク質は野生型遺伝子 P タンパク質と同等の機能を発揮したのと考えてよい。

- (A) 未分化な神経褶細胞を表皮細胞と神経細胞へと分化させる作用がある。
- (B) 神経褶細胞近隣の神経板細胞を表皮細胞へと分化させる作用がある。
- (C) 未分化な神経褶細胞を表皮細胞へと分化させる作用がある。
- (D) 未分化な神経褶細胞を神経細胞へと分化させる作用がある。
- (E) 神経褶細胞を未分化のまま維持する作用がある。

問 8 野生型マウス胚の神経管形成期における表皮領域と神経板領域部分を切り出し、細胞をばらばらにして混ぜて培養すると、神経板由来の細胞と表皮由来の細胞はそれぞれの集団を形成した。この実験からわかる細胞の性質について、カドヘリンというキーワードを使用して答えよ。

4 次の I ~ IV の文章を読み、それぞれの問に答えよ。

I 生物の進化には、さまざまな時間スケールの現象が含まれる。生物の集団の中で、ある対立遺伝子の頻度が世代を経て変化することなど、種が形成されないレベルの変化を (ア) と呼ぶ。有性生殖をする生物が、何らかの障壁によって隔てられた状態が長く続くと、遺伝的浮動によって変異が集団中に固定したり、それぞれの地域へ適応した結果として、別れた集団の個体同士が再び出会っても交配できないほどに異なってしまう場合がある。この状態を (イ) と呼ぶ。種という単位をどのように捉えるかという考え方のうち、生物学的種概念という考え方では、互いに交配して次世代を作っていくことができる集団が、同じような別の集団と交配できないほどに異なる場合、これらの集団をそれぞれ別の種として扱う。新しい種が生じる過程を種分化と呼ぶが、種分化や、種より高次の分類群(似た生物種のまとまり)が生じるような進化を (ウ) と呼ぶ。

問 1 文中の (ア) ~ (ウ) に入る語句の組み合わせ(A)~(D)のうち、最も適切なものを1つ選び、記号で答えよ。

- | | | |
|--------------|-----------|----------|
| (A) (ア) 自然選択 | (イ) 個体群 | (ウ) 適応進化 |
| (B) (ア) 中立進化 | (イ) 地理的隔離 | (ウ) 大進化 |
| (C) (ア) 小進化 | (イ) 生殖隔離 | (ウ) 大進化 |
| (D) (ア) 中立進化 | (イ) 競争的阻害 | (ウ) 適応進化 |

II 動物には、様々な構造の眼を持つものがある。ショウジョウバエは小さな個眼が集合した (エ) を持つ。進化の歴史では、古い地質年代である (オ) 紀に現れていた三葉虫がすでに (エ) を備えていた。三葉虫とショウジョウバエは、ともに旧口動物の中の1グループである (カ) 動物と呼ばれるグループに属し、(エ) は遠い昔から現代の昆虫に受け継がれてきた構造かもしれない。ハツカネズミは大きなレンズである水晶体を備えた眼を持つ。ハツカネズミの眼で光を受容する (キ) には視細胞が一層に並んでいるが、視神経が (キ) を眼球の内側から貫いていて視細胞を欠いている領域を (ク) と呼ぶ。

問 2 文中の (エ) ~ (ク) に入る適切な語句を答えよ。

Ⅲ ショウジョウバエが持つ *eyeless* という遺伝子は、眼の形成を引き起こす遺伝子である。*eyeless* 遺伝子の塩基配列の変異により、この遺伝子の情報に基づいて作られるタンパク質の機能が損なわれると、ショウジョウバエの眼がうまく形成されなくなる。2つの異なる系統のショウジョウバエの *eyeless* 遺伝子の転写され翻訳される領域を比較したところ、その塩基配列は異なっていた。しかし、この2つの系統で *eyeless* 遺伝子の情報から作られる Eyeless タンパク質のアミノ酸配列を調べたところ、全く同一の配列であった。

ハツカネズミが持つ *Pax6* という遺伝子は、ハツカネズミの眼の形成に関わっている遺伝子である。*Pax6* 遺伝子の機能が損なわれると、ハツカネズミの眼がうまく形成されなくなる。遺伝子組換え技術によりショウジョウバエにハツカネズミの *Pax6* 遺伝子を導入し、本来は眼ができない場所で働かせたところ、ショウジョウバエの眼のような構造が形成された。また、ツメガエルもハツカネズミの *Pax6* 遺伝子によく似た遺伝子を持ち、この遺伝子も眼の形成に関わっている。*eyeless* 遺伝子と *Pax6* 遺伝子の情報をもとに作られるタンパク質のアミノ酸配列は、互いによく似ている。

問 3 下線部 a について、転写され翻訳される領域の塩基配列は異なるにもかかわらず、なぜ同じアミノ酸配列のタンパク質が作られるのか、100 字以内(句読点を含む)で説明せよ。

問 4 下線部 b に関連して、ハツカネズミに加えて、イモリも眼形成を研究するモデルとしてよく用いられる動物である。ハツカネズミやイモリでは、眼の形成過程において脳の両側が膨らんで眼胞となり、それが発達して中央がくぼんだ二次形成体となって表皮から水晶体を誘導する。この二次形成体の名称を答えよ。

問 5 下線部 c について述べた以下の文(A)~(D)のうち、最も適切なものを1つ選び、記号で答えよ。

- (A) ハツカネズミの遺伝子がショウジョウバエの体の中で働いたのは、遺伝子の転写や翻訳の仕組みが、この2種類の生物でよく保存されているからである。
- (B) 脊椎動物であるツメガエルの翻訳の仕組みは昆虫であるショウジョウバエの仕組みよりも複雑なので、ショウジョウバエの *eyeless* 遺伝子の転写産物をツメガエルに導入してもうまく働かず、眼に特有の組織が形成されない。
- (C) *eyeless* 遺伝子と *Pax6* 遺伝子は全く異なる由来を持ち、収れん(収束進化)によって似た配列になることで眼を作るという共通の機能を持つようになった。
- (D) 脊椎動物と昆虫の眼の構造は全く異なり、また両者の共通の祖先によく似た体制(体の基本的なつくり)を持つと考えられている扁形動物も眼などの光を感じる器官を持たないことから、脊椎動物と昆虫のそれぞれの祖先において、全く独立に光を感じる器官を獲得したと考えられる。

IV ミクロネシアのある島では、1770年代に島を襲った台風により人口が約1000人から20数人まで激減した。その後、人口は大きく回復したが、台風以前には記録されていなかった、遺伝的な原因により色の違いを識別することができない人(1色覚の人)が多く記録されるようになり、最近の記録でも島の人口の約1割を占めている。

問6 この島において、なぜ台風の後で1色覚の人が増え、現在でも多いと考えられるのか。1色覚が遺伝的な原因を持つことに留意して100字以内(句読点を含む)で説明せよ。ただし、島の環境の要因、文化的な要因、人の移住による影響は無視できる程度に小さく、1色覚であることは生存や配偶へ影響しないと考えるものとする。

問7 眼にどのような特徴があると1色覚が生じると考えられるか、以下の(A)~(D)から1つ選び、記号で答えよ。

- (A) 桿体(かんたい)細胞が機能していないが、錐体細胞は正常に機能している。
- (B) 錐体細胞が機能していないが、桿体細胞は正常に機能している。
- (C) 虹彩が機能していないが、水晶体は正常である。
- (D) 水晶体が濁っているが、虹彩は正常に機能している。