

2022年度

理 科
【 生 物 】

R 3

2月25日(金) 【前期日程】	理 学 部 (数学科, 生物科学科, 地球科学科, 創造理学コース)	
	農 学 部	
	地域創造学環 (選抜方法A)	13 : 50 ~ 15 : 10
	工 学 部 (化学バイオ工学科)	14 : 40 ~ 16 : 00

注 意 事 項

試験開始前

- 1 監督者の指示があるまで、問題冊子、解答用紙に手を触れてはいけません。
- 2 監督者の指示に従い、出願時に選択した科目の問題冊子、解答用紙であるかどうかを確かめ、
全部の解答用紙（4枚）に受験番号を記入しなさい。
- 3 出願時に選択した科目と解答した科目が異なる場合は採点されません。

試験開始後

- 4 この問題冊子は、14ページあります。はじめに、問題冊子、解答用紙を確かめ、枚数の不足や、印刷の不鮮明なもの、ページの落丁・乱丁があった場合は、手をあげて監督者に申し出なさい。
- 5 解答はすべて解答用紙に記入しなさい。
- 6 問題は、声を出して読んではいけません。
- 7 各問ごとの配点は、比率(%)で表示してあります。

試験終了後

- 8 問題冊子は、必ず持ち帰りなさい。

1 遺伝情報に関する次の文章を読み、問1～問5に答えなさい。(配点25%)

塩基配列というかたちでDNAに保持されている遺伝情報は、DNAからRNAへと①され、続いてRNAからタンパク質へと②される。この遺伝情報の流れをセントラルドグマという。

DNAは糖とリン酸、塩基からなる③とよばれる構成単位が鎖状に結合した化合物である。塩基にはアデニン(A)、④(C)、グアニン(G)、⑤(T)の4種類が存在し、AとT、CとGが図1のようにそれぞれ相補的に結合することによってDNAが2本鎖を形成する。この性質により生物はDNAの複製をおこない、次世代に遺伝情報を伝える。

一方、ウイルスには上記の4種類の塩基とは異なる塩基をDNAにもつものも存在する。細菌Sに感染するウイルスVは遺伝物質として2本鎖のDNAをもつが、その塩基がAではなく2-アミノアデニン(Z)であり、Z、C、G、Tの4種類の塩基をもつ。これらの塩基を用いたDNAの二重らせん構造では、AとTの代わりにZとTの組み合わせになる。AとTの間の結合が2つの水素結合であるのに対して、ZとTは3つの水素結合をもつため、より強固に結合する。細菌にはウイルスに対する感染防御機構があり、その1つに制限酵素がある。しかし、AがZに置き換わったDNAは、Aを含む配列を認識する制限酵素では切断されなくなる。

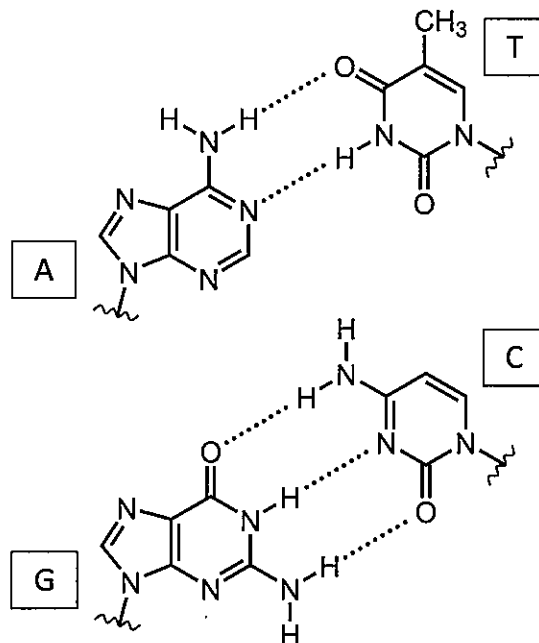


図1 DNAの2本鎖を構成する塩基対の構造
点線は水素結合を、波線は糖との結合部位を示す。

問 1 文章中の ① ~ ⑤ に入るもっとも適切な語を答えなさい。

問 2 下線部 a について、小問 (1) ~ (2) に答えなさい。

(1) RNA を構成する 4 種類の塩基のうち、DNA と異なる塩基の名称およびその略号(アルファベット大文字で 1 文字)を答えなさい。

(2) RNA の種類を 3 つあげ、それぞれのおもなはたらきを答えなさい。

問 3 下線部 b に関連して、セントラルドグマに従わない遺伝情報の流れについて、その反応に関わる酵素の名称を答え、反応について説明しなさい。

問 4 下線部 c について、小問 (1) ~ (2) に答えなさい。

(1) 半保存的複製について説明しなさい。

(2) ラギング鎖の複製過程について説明しなさい。

問 5 下線部 d について、ウイルス V は、感染先の細菌 S のもつ、遺伝情報を発現するしくみを利用して、自らの DNA を複製する。しかし、Z を合成するしくみは細菌 S には存在しないため、ウイルス V は自身のゲノムに Z 合成酵素遺伝子をもっている。以上を踏まえ、小問 (1) ~ (2) に答えなさい。

(1) ZT 塩基対が 3 つの水素結合をもつこと、および Z の名称から考えられる Z の構造を図示しなさい。

(2) ウイルス V のゲノムにある Z 合成酵素遺伝子を破壊し、DNA の Z がすべて A に置き換わったウイルス W を作製した。ウイルス V とウイルス W をそれぞれ細菌 S に感染させたところ、ウイルス V のゲノムは複製されウイルスが増殖したが、ウイルス W のゲノムは複製されたものの、ウイルスは増殖しなかった。原因として考えられることを 1 つあげて説明しなさい。

2

植物ホルモンに関する次の文章を読み、問1～問4に答えなさい。(配点25%)

植物の環境への応答には、植物ホルモンが重要な役割を果たしている。種子の形成に伴って [①] の濃度が上昇すると、胚の成長が停止し発芽が抑制される。このように成長が一時的に休止する現象を [②] という。水や温度などが発芽に適した条件になると、胚で [③] が合成され、アミラーゼ遺伝子の発現が誘導される。アミラーゼにより胚乳中のデンプンが糖に分解されると、これを栄養分として胚の成長が再開し発芽が促進される。多くの植物では、種子の発芽は [①] と [③] が拮抗的^{きつこう}にはたらくことで制御されている。

畑にまいた種子が発芽すると、^a根は地中に、^b茎はその反対方向に伸び、その成長方向の調節にはオーキシンが関与している。植物が合成する天然のオーキシンは [④] という化学物質であり、おもに [⑤] で作られ一定の方向に流れていく。このような方向性に従った移動は [⑥] 移動とよばれ、オーキシンを細胞外から細胞内に取り込む輸送タンパク質と、細胞内から細胞外に排出する輸送タンパク質のはたらきによって起こる。植物は重力や、光の刺激を受けて屈曲するが、これはオーキシンを排出する輸送タンパク質の分布が変化するためである。重力による根の屈曲は、根冠にある [⑦] 細胞の中に含まれるアミロプラストが重力方向へ沈降することによってオーキシンの輸送の方向性が変わることによって起こる。このように植物が重力や光の刺激に応じて屈曲する性質を [⑧] という。

問 1 文章中の ① ~ ⑧ に入るもっとも適切な語を答えなさい。

問 2 下線部 a に関連し、植物の芽生えを暗黒下で水平に置くと、根は下方向に茎は上方向に屈曲する(図 1)。根と茎が異なる方向に屈曲するしくみを、根と茎それぞれの屈曲部分におけるオーキシンの分布と作用を含めて説明しなさい。

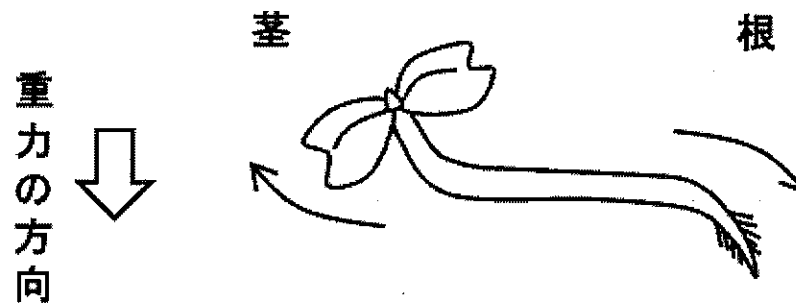


図 1 暗黒下で水平に置いた芽生えの成長

問 3 下線部 b に関連し、植物の側面から青色光をあてると茎は光源に向かって屈曲する。青色光の刺激に反応して茎が屈曲するしくみを、次の語をすべて用いて説明しなさい。

(語群) オーキシン, フォトトロピン, 分布, 輸送タンパク質

問 4 植物の組織培養において、オーキシシンとサイトカイニンは、カルスの形成および器官の分化に重要な役割を果たす。ある植物から胚軸を切り出し、オーキシシンとサイトカイニンをそれぞれ異なる濃度で添加した寒天培地で培養すると、図 2 のようにカルスの形成や根または茎葉の分化が観察された。この結果を踏まえて、小問 (1) ~ (3) に答えなさい。

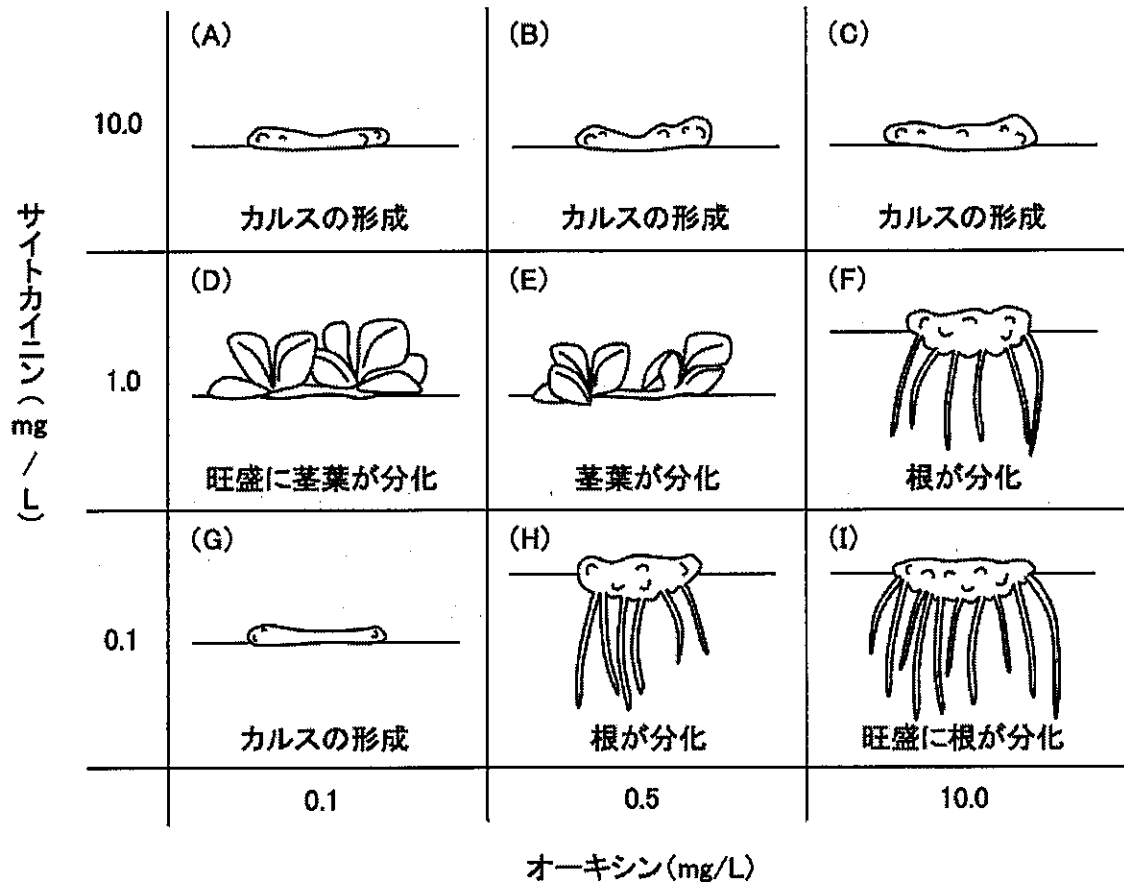


図 2 オーキシシンとサイトカイニンを異なる濃度で添加した寒天培地での組織培養

- (1) 植物は分化した器官の一部から、すべての組織や器官を分化させて個体を形成することができる。その能力を何とよぶか、答えなさい。
- (2) 図2の(G), (H), (I)の結果から、サイトカイニンとオーキシンを同じ濃度で培地に添加するとカルスが形成されるが、オーキシンをサイトカイニンの5倍以上の濃度で培地に添加すると根の分化が誘導されることがわかる。これを参考として、(ア)~(エ)の間に答えなさい。
- (ア) (C), (F), (I)の結果から、わかることを説明しなさい。
- (イ) サイトカイニンを0.3 mg/Lの濃度で培地に添加した場合、根を分化させるためにはオーキシンをどのような濃度範囲で培地に添加すればよいと考えられるか答えなさい。ただし添加可能なオーキシンの濃度は0~10 mg/Lの範囲とする。
- (ウ) (D), (E), (F)の結果から、わかることを説明しなさい。
- (エ) (E)と(H)では、オーキシンの濃度は同じだが、サイトカイニンの濃度の違いによって分化する器官が異なる。茎葉と根が分化する境目となるサイトカイニンの濃度を調べるためには、どのような実験をすればよいと考えられるか説明しなさい。ただし、茎葉と根が同時に分化することはないものとする。
- (3) 胚軸を(B)の寒天培地で培養してカルスを形成させた。(A)~(I)の寒天培地へ移し替えることで、このカルスから植物体を再生させたい。どのような操作を行えばよいと考えられるか説明しなさい。

3

視覚に関する次の文章を読み、問1～問5に答えなさい。(配点25%)

多くの動物は光の刺激を受け取るための受容器を発達させている。^a脊椎動物であるヒトと軟体動物であるイカやタコは、その発生様式は異なるもののいずれも や を備えた眼をもっている。虹彩を通して入射した光は によって屈折し の上に像を結ぶ。 には2種類の視細胞、 と錐体細胞が分布する。 は錐体細胞がほとんど反応できない弱い光を効率よく吸収して明暗を識別する視細胞であり、 とよばれる視物質が含まれる。 は、オプシンとよばれるタンパク質に から合成されるレチナールが結合したものである。 が光を吸収すると、これが引き金となって生じた電気的信号が脳の視覚中枢へ伝えられることで明暗を識別する視覚が生じる。

色覚に関わる視細胞である錐体細胞には、特定の範囲の波長の光に反応する が存在する。 も と同様にオプシンにレチナールが結合した視物質である。ヒトには3種類の錐体細胞が存在するが、それぞれがもつ はオプシンの構造に違いがあるため、吸収する光の波長も異なる。ヒトの3種類の錐体細胞(青錐体細胞、緑錐体細胞、赤錐体細胞)がそれぞれ吸収する光の波長を図1の上段に示す。例えば、波長が580 nmの光に対しては緑錐体細胞と赤錐体細胞の両方が強く反応し、脳に伝えられたその信号の組み合わせは黄色として認識される。

ヒトが3色型の色覚を備えているのに対して、イヌは青錐体細胞と赤錐体細胞だけによる2色型の色覚をもつ(図1下段)。一方、魚類や鳥類の多くは青錐体細胞、緑錐体細胞、赤錐体細胞に加えてより短波長の光に反応する紫錐体細胞ももっている。おそらく脊椎動物の祖先にとっては色彩の区別は重要であったため、4色型の色覚をもともと備えていたらしい。

問1 文中の ～ に入るもっとも適切な語を答えなさい。

問2 文中の下線部aのように、形やはたらきは似ているが発生上の起源が異なる器官を何とよぶか答えなさい。

問3 ヒトは波長が550 nmの光と600 nmの光を色の違いとして区別できるが、イヌは異なる色として区別することはできない。その理由として考えられることを、図1から読みとることのできるイヌの色覚の特徴を踏まえて説明しなさい。

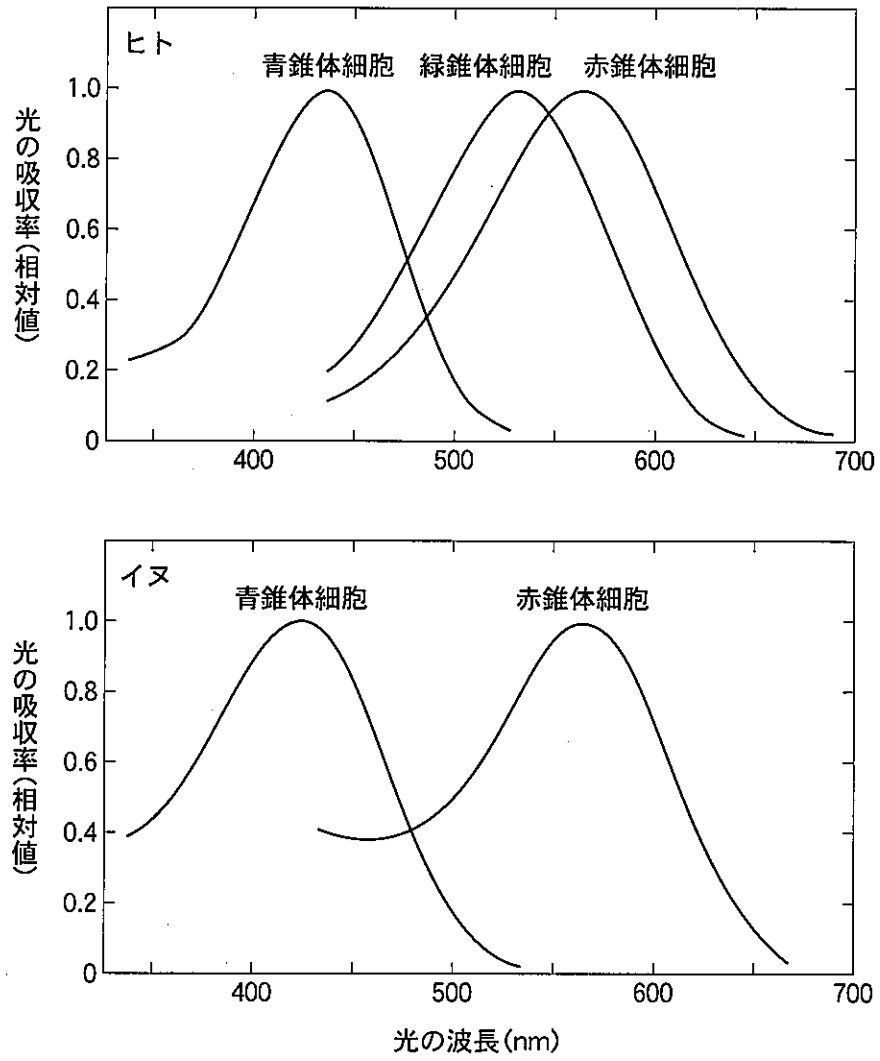


図1 ヒト(上段)とイヌ(下段)の錐体細胞が吸収する光の波長

問 4 図 2 は、魚類や鳥類がもつ 4 種類の錐体細胞中のオプシン、2 色型色覚のイヌの青錐体細胞、赤錐体細胞中のオプシン、ヒトの 3 種類の錐体細胞中のオプシンのアミノ酸配列を比較して作成した分子系統樹である。この分子系統樹をもとに、脊椎動物におけるオプシンの分子進化と色覚の変化に関する小問 (1) ~ (2) に答えなさい。

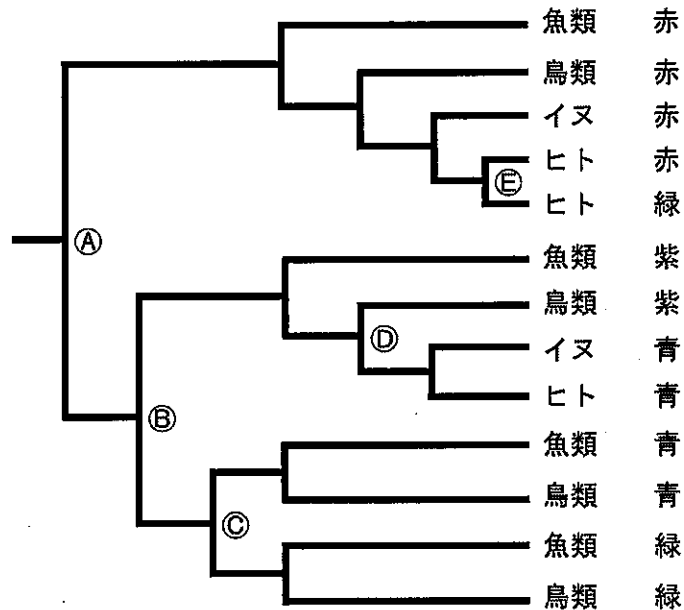


図 2 錐体細胞中のオプシンのアミノ酸配列にもとづく系統関係
 図中の紫、青、緑、赤は、それぞれ紫錐体細胞、青錐体細胞、
 緑錐体細胞、赤錐体細胞中のオプシンを示す。

- (1) 分子系統樹上の分岐点④で、祖先型オプシンが、紫、青、緑錐体細胞のオプシンの共通祖先型オプシンと赤錐体細胞の祖先型オプシンとに分岐したことがわかる。これを参考として、分岐点③と分岐点⑤で起きたことをそれぞれ説明しなさい。
- (2) ヒトやイヌがもつ青錐体細胞のオプシンは、魚類や鳥類がもっている紫錐体細胞のオプシンが波長のより長い青色の光に反応するように変化したものであることが分岐点④から推定される。分岐点⑤でヒトの祖先に起きたと考えられるオプシンの分子進化と色覚の変化を説明しなさい。

問 5 ヒトの色覚にはオプシン遺伝子の変異による遺伝的な多様性がある。赤と緑を判別しにくい形質は男性に現れる頻度が高く、日本人男性の約 5 % にこの形質が発現するのに対して、女性では約 0.2 % とされている。一方、青色を認識しにくい形質はまれであるがその発現頻度には男女間で差は無い。以上を踏まえて小問 (1) ~ (2) に答えなさい。

- (1) 赤と緑を判別しにくい形質の発現頻度に性差が生じるのはどのような理由によるものと考えられるか説明しなさい。
- (2) 青色を認識しにくい形質の発現頻度に性差が生じないのはどのような理由によるものと考えられるか説明しなさい。

4

群れに関する次の文章を読み、問1～問4に答えなさい。(配点25%)

個体群を構成する個体の間には、互いに集まったり、競争したり、協力しあったりする様々な相互作用がみられる。多数の動物個体が集まって生活をする場合、この集団を^a群れという。群れをつくることによって個体は多くの利益が得られる一方、不利益も生じるため、群れの大きさは^b利益と不利益とのバランスで決まると考えられる。群れの中では、強い個体と弱い個体の優劣関係ができてることがあり、群れの秩序がこのような関係で築かれていることを^①という。また、群れの中には親以外の個体が子育てに関与する^②という様式をとる場合や、^cミツバチやアリのような^③昆虫がおこなう^④制という、役割の分業様式をとる場合もある。個体や群れが一定の行動範囲をもち、その行動範囲に同種の他個体が侵入すると、闘争し排除することがある。このような同種他個体の侵入から防衛されている特定の範囲を^⑤という。

問1 文章中の^①～^⑤に入るもっとも適切な語を答えなさい。

問2 下線部aに関し、群れで生活をする場合の利益と不利益について、次の語をすべて用いて説明しなさい。

(語群) 外敵, 種内競争, 食物, 繁殖, 密度効果

問 3 下線部 b に関し、図 1 はある環境において動物 A の群れの大きさと、天敵に対する見張りおよび群れの内部で食物をめぐる争いに費やす時間との関係を示したものである。小問 (1) ~ (3) に答えなさい。

- (1) 図 1 の状況において、動物 A にとって最適と考えられる群れの大きさを示している横軸の記号をア~オから 1 つ選び、答えなさい。また、その理由を説明しなさい。
- (2) 動物 A の天敵が図 1 の環境よりも多い場合、動物 A の群れの最適な大きさは (1) で答えたものと比べて大きくなるか小さくなるか答えなさい。また、その理由を説明しなさい。ただし、天敵が多いことによって、食物をめぐる争いに費やす時間は変化しないものとする。
- (3) 動物 A の食物が図 1 の環境よりも豊富な場合、動物 A の群れの最適な大きさは (1) で答えたものと比べて大きくなるか小さくなるか答えなさい。また、その理由を説明しなさい。ただし、食物が豊富であることによって、天敵の見張りに費やす時間は変化しないものとする。

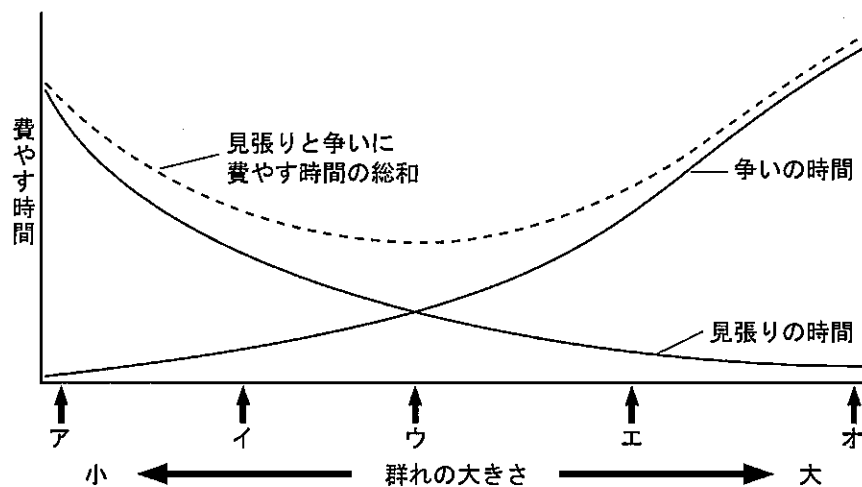


図 1 動物 A の群れの大きさと天敵に対する見張りおよび食物をめぐる争いに費やす時間との関係

問 4. 下線部 c に関し、次の文章を読み、小問 (1) ~ (3) に答えなさい。

ミツバチやアリは、半数倍数性という性決定様式をもつ。半数倍数性とは、受精卵から発生し核相が $2n$ の場合はメス、未受精卵から発生し核相が n の場合はオスという、核相による性決定様式である。また、ミツバチやアリにおける精子形成では、減数分裂がおこなわれないため、核相は n のまま変化しない。

通常の二倍体生物と、ミツバチやアリなどの半数倍数性生物との間で、兄弟姉妹間の血縁度のパターンを比較してみよう。まず、通常の二倍体生物における、同じ両親をもつ兄弟姉妹間の血縁度の計算を例示する。図 2 の①のように、子 1 のもつ対立遺伝子 X が母親由来である確率は $\frac{1}{2}$ である。また、図 2 の②のように、母親のもつ対立遺伝子 X が子 2 に受け継がれる確率は $\frac{1}{2}$ である。したがって、子 1 のもつ対立遺伝子 X が母親由来であり、かつ子 2 が母親由来の同じ対立遺伝子 X をもつ確率は、 $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$ となる。このことは父親由来の対立遺伝子であっても同様であるため、子 1 から子 2 をみた場合の血縁度は $\frac{1}{4} + \frac{1}{4} = \frac{1}{2}$ となる。また、子 2 から子 1 をみた場合の血縁度も同様に $\frac{1}{2}$ となる。しかし、半数倍数性生物の場合、子の性別によってその間の血縁度は異なる。

- (1) 図 3 の娘 1 から娘 2 をみた場合の血縁度を分数で答えなさい。
- (2) 図 3 の娘 1 から息子をみた場合の血縁度を分数で答えなさい。
- (3) 図 3 の息子から娘 1 をみた場合の血縁度を分数で答えなさい。

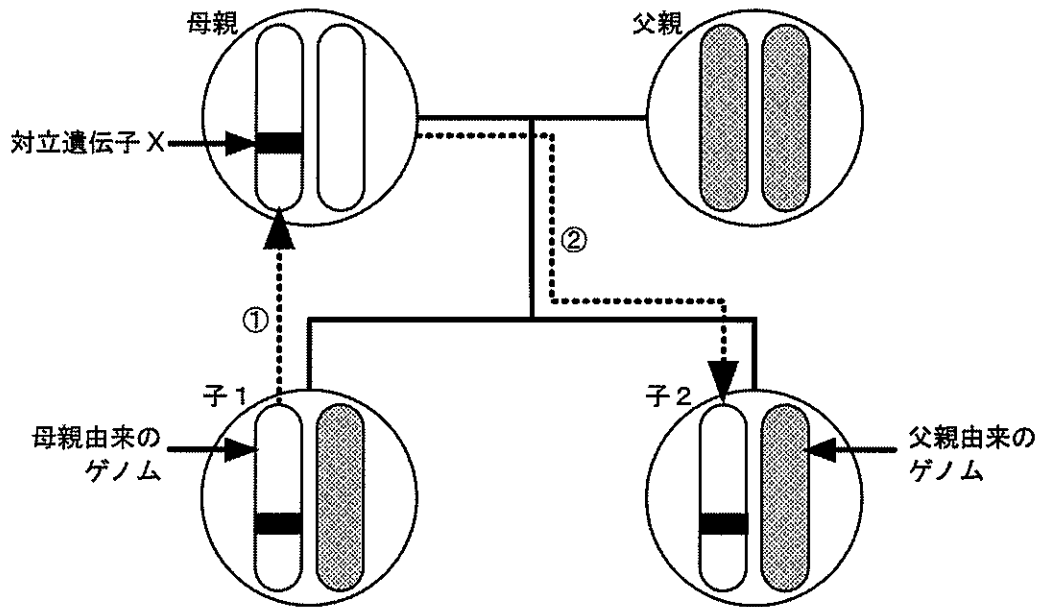


図2 二倍体生物で対立遺伝子 X を母親，子1，子2 が共有する場合

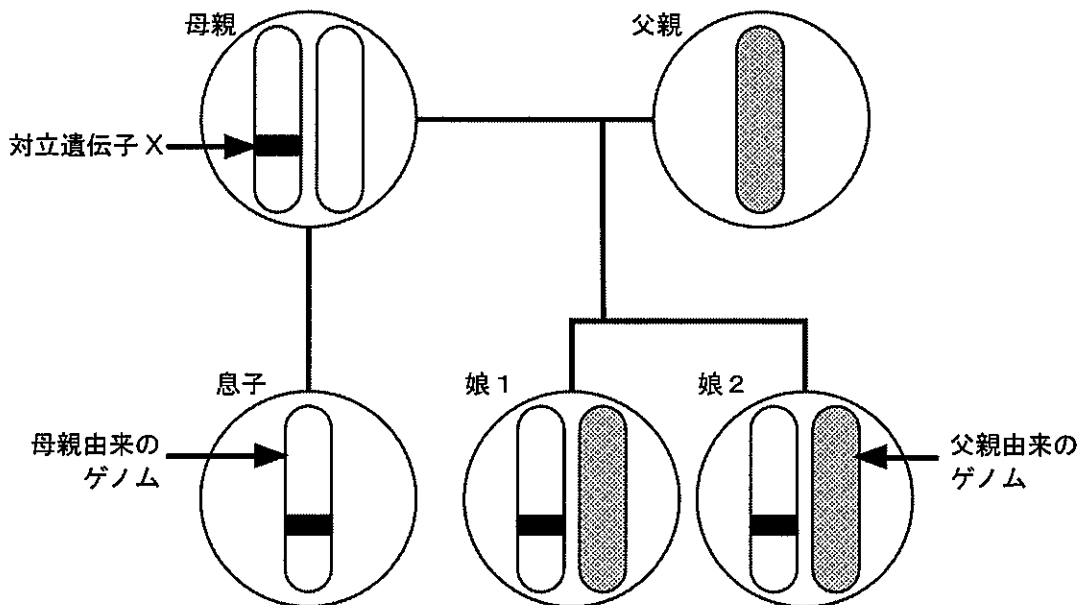


図3 半数倍数性生物で対立遺伝子 X を母親，息子，娘1，娘2 が共有する場合

