

生 物 $\frac{1}{12}$

I 次の文章を読み、問いに答えよ。

(ア) DNAは2本の鎖からなり、それぞれの鎖は、リン酸、糖、塩基が結合した(1)
という単位の繰り返しからなる。線状のDNAでは、一方の鎖の末端はリン酸であり、
(イ) この末端を5'末端という。もう一方の末端は糖で3'末端という。DNAの2本の鎖
は、(2) 的な塩基対の間で形成される(3) 結合によって結び付けられている。
このようにして結びつけられたDNAの2本の鎖は、全体がねじれた(4) 構造をとる。

DNAが複製されるときには、DNAの2本鎖の間の結合がDNA(5) という酵素
によりほどかれ、1本鎖になる。このそれぞれの1本鎖のDNAが、新しいDNA鎖を作る
ための(6) として用いられる。新しいDNA鎖が合成されるときには、まず(7)
と呼ばれる短いRNA鎖が作られ、その3'末端につなげる形で、(8) という酵素が新
しいDNA鎖を合成する。

真核生物では、核内のDNAはタンパク質とともに、(9) を形成している。(9)
の基本となる構造は、DNAがヒストンに巻きついた(10) である。

問1 上の文章の(1) ～ (10) に適切な語句を入れよ。

問2 下線部(ア)について、異なる生物であっても、生物の設計図とも言える遺伝情報を
担っているのはDNAである。同じDNAという物質から異なる生物ができるのはな
ぜか。「塩基」という語句を用いて説明せよ。

問3 下線部(イ)について、5'末端と3'末端は、通常、大腸菌のDNAには存在しない。
それはなぜか、25字以内で説明せよ。

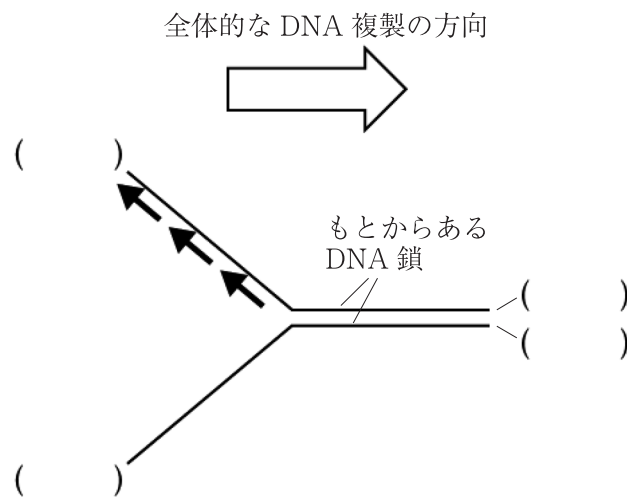


図 1

問 4 図 1 は，DNA が複製されている様子を示したものである。もともからある DNA 鎖を細い黒線，新しく合成されている鎖を黒い矢印で示している。黒い矢印の向きは DNA 鎖が合成されて，伸びていく方向を示す。また，全体的な複製の方向を，図の上方に白抜き矢印で示している。図の下側半分について，新しく合成されている鎖を矢印で記入せよ。また，もともからある DNA 鎖について，すべての（ ）内に 5' と 3' のいずれか正しいものを記入せよ。

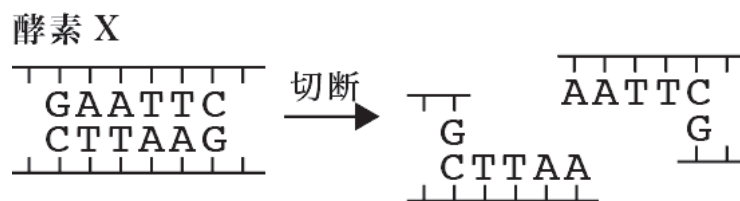
問 5 図 1 にもともと記入してあった，新しく合成されている鎖を示す黒い矢印は，複数ある。その理由を，全体的な複製の方向と（ 8 ）の性質に着目して説明せよ。

Ⅱ 次の文章を読み、問いに答えよ。

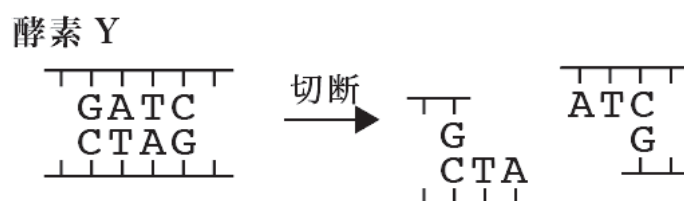
ある遺伝子を含むDNA断片を取り出し、それを別のDNAにつないで、新しい遺伝子の組み合わせを持つDNAを作る技術を、遺伝子（ 1 ）技術という。DNAの切断と連結は、以下のように行われる。まず、(ア) 特定のDNAの塩基配列を認識して切断する酵素である（ 2 ）酵素で、DNAを切断する。切断してできたDNA断片と、同じ酵素で切断した別のDNA断片を混合し、（ 3 ）という酵素を作用させると、断片どうしが切断部で連結される。

問1 上の文章の（ 1 ）～（ 3 ）に適切な語句を入れよ。

問2 下線部（ア）の性質を持つ酵素Xが、図2に示したような塩基配列を認識し、DNAを切断するとした場合、この酵素が切断する塩基配列は、何塩基対ごとに出現すると考えられるか。ただし、そのDNAはA、T、G、Cを等量含むものとする。



問3 下線部（ア）の性質を持つ酵素Yが、図3に示したような塩基配列を認識し、DNAを切断するとした場合、この酵素が切断する塩基配列は、何塩基対ごとに出現すると考えられるか。ただし、そのDNAはAを40%、Gを10%含むものとする。



生 物 $\frac{4}{12}$

Ⅲ 次の文章を読み、問いに答えよ。

生物の体内では、^(ア) エネルギーの出入りを伴ったさまざまな有機物の合成や分解が起きている。このうち、単純な有機物から複雑な有機物を合成する（ 1 ）反応では、一般に、素材となる有機物の持つエネルギーの総和よりも合成された有機物の持つエネルギーの方が大きくなる。この増加分のエネルギーは多くの場合、（ 2 ）の加水分解反応によって供給される。一方、^(イ) 複雑な有機物が単純な物質に分解される（ 3 ）反応では、逆にエネルギーの放出が起こる。そして、そのような放出エネルギーの一部は（ 2 ）の合成に使われる。（ 2 ）の合成は、^(ウ) 酸素を消費しながら行う場合に効率よく起こり、この反応は（ 4 ）と呼ばれる。また、光エネルギーを利用して（ 2 ）を合成することも一部の生物では可能である。この光エネルギーを利用して合成された（ 2 ）を用いて二酸化炭素などの^(エ) 無機物から複雑な有機物を合成する反応は（ 5 ）と呼ばれる。

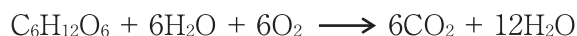
問 1 上の文章の（ 1 ）～（ 5 ）に適切な語句を入れよ。

問 2 下線部（ア）の内容は、何という語句で表されるか。適切な語句を答えよ。

問 3 下線部（イ）には、（A）糖質、（B）脂質、（C）タンパク質が含まれる。以下に挙げる物質は、それぞれ上記（A）～（C）のいずれに分類されるか、記号で答えよ。

ナトリウムチャネル グルコース カタラーゼ コレステロール デンプン

問 4 下線部（ウ）に関して、グルコースを基質とした場合に起こる反応の全体は、以下の式によって表される。



この反応において、消費される酸素 O_2 と産生される二酸化炭素 CO_2 の質量比はいくらか。以下の選択肢の中から最も適切なものを1つ選び、番号で答えよ。ただし、原子量は $\text{H} = 1$, $\text{C} = 12$, $\text{O} = 16$ とする。

- ① $\text{O}_2 : \text{CO}_2 = 1 : 1$
- ② $\text{O}_2 : \text{CO}_2 = 5 : 4$
- ③ $\text{O}_2 : \text{CO}_2 = 4 : 5$
- ④ $\text{O}_2 : \text{CO}_2 = 11 : 8$
- ⑤ $\text{O}_2 : \text{CO}_2 = 8 : 11$

問5 下線部（ウ）に関連して、以下の図4と【説明】に示されるような実験を行い、【説明】に述べられた結果を得た。

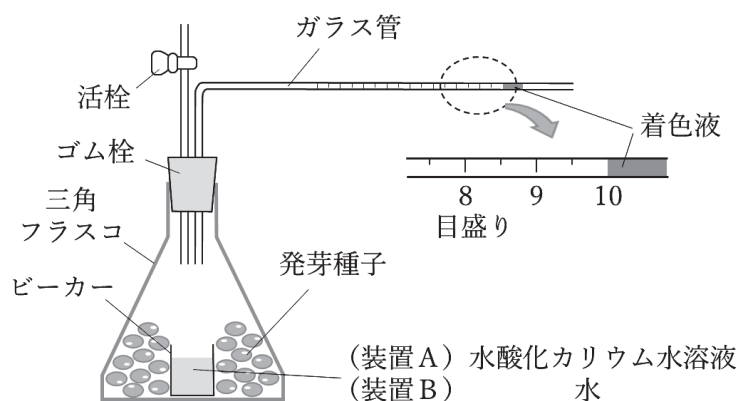


図4

【説明】 図4のような装置を2つ準備し、一方の装置Aのビーカーには水酸化カリウム水溶液を、もう一方の装置Bのビーカーには水を入れた。さらに装置A, 装置Bどちらの三角フラスコにも同時に発芽した種子を20個ずつ入れ、30℃の一定温度条件に置いた。装置Aと装置Bの活栓を同時に閉め、装置の着色液がガラス管の目盛りに示す移動量を、時間経過にしたがって計測した。すると、計測開始時にはガラス管の目盛り10の位置にあった着色液は10分後に、装置Aでは目盛り6に、装置Bでは目盛り9.2に移動した。

この実験の結果に基づいて、以下の問いに答えよ。

- (a) 装置Aのビーカーに水酸化カリウム水溶液を入れたのは、水酸化カリウムの二酸化炭素を吸収する性質を利用するためである。では、装置Bのビーカーに水を入れた理由は何か。40字以内で説明せよ。
- (b) 装置Aと装置Bの目盛りの移動量はそれぞれ何を表しているか。以下の選択肢からそれぞれに適切なものを選び、番号で答えよ。
- ① 酸素消費量
 - ② 二酸化炭素放出量
 - ③ 酸素消費量と二酸化炭素放出量の差

生 物 $\frac{6}{12}$

- (c) 種子 1 個あたりの 30℃での 1 時間あたりの平均の酸素消費量と二酸化炭素放出量はそれぞれ何 mm^3 と計算できるか。なお、1 目盛りの移動量は 100 mm^3 に相当する。
- (d) 放出された二酸化炭素と消費された酸素の体積比の値のことを何というか。
- (e) (d) で問われた二酸化炭素放出量と酸素消費量の体積比の値は、糖質を基質に用いた場合は 1 であるが、脂肪を基質に用いた場合は 0.7 となって糖質の場合よりも小さい。脂肪の場合の方が糖質の場合よりも値が小さくなる理由を、「酸素含有量」、「酸素消費量」という語句を用いて 35 字以内で説明せよ。
- (f) この実験でこれまでに示された計算結果や設問の内容を基にして、種子の発芽のために消費された酸素のうち、脂肪を基質に用いた反応で消費された酸素の割合 (%) を求めよ。ただし、小数点以下は四捨五入して整数値で答えよ。また、種子は発芽のために糖質と脂肪のみを基質に用い、タンパク質は基質には含まれないものとする。
- 問 6 下線部 (エ) の反応を行うことのできる生物は、生物群集が形成する食物網の中で何としての役割を果たしているか。
- 問 7 下線部 (エ) の反応を行うことのできる生物には、光エネルギーを利用せずに化学合成を行う生物も含まれている。そのような生物の中には、光の届かない数千 m の海底でも特定の場所では無機物から有機物を合成し、そこに独自の生態系を構築することに役立っているものもある。このような独自の生態系が見つかり、近年、生命誕生の場所としてしても注目されているのは、海底のどのような場所か。その名称を答えよ。また、そこに生息する化学合成生物の例を 1 つ挙げよ。

IV 次の文章を読み、問いに答えよ。

ヒトをはじめとした多くの多細胞動物の成体には、3次元的な方向性が見られる。この方向性は、前後軸（あるいは頭尾軸）、背腹軸、そして（ 1 ）の3つの体軸であらわされる。これらの体軸は、胚発生の過程で、徐々に作られていく。両生類やショウジョウバエの胚では、（ 2 ）因子と呼ばれる、卵に含まれるタンパク質やmRNAなどの物質が、受精卵の段階での体軸の決定に大きく関与する。この場合、（ 2 ）因子の一部は卵の段階ですでに不均一に分布し、これが軸形成の第一歩となる。両生類の卵は、卵黄も植物極側に偏っていることから（ 3 ）と呼ばれる。一方、ヒトなどの哺乳類の卵は、卵黄が少なく、卵全体に均一に分布しているため（ 4 ）と呼ばれる。

まずはじめに、カエルの背腹軸の形成過程を見てみよう。この決定には、 β カテニンとディシエベルドなどの（ 2 ）因子が関与している。精子が卵内に進入すると、（ 5 ）が起こるため、精子進入点の反対側に灰色三日月環が生じる。ディシエベルドは、もともと卵の植物極側に局在しているが、この時キネシンと呼ばれるモータータンパク質と細胞骨格の一つである（ 6 ）のはたらきによって灰色三日月環の側に運ばれる。その結果、(ア)ディシエベルドが移動した部分の細胞質では、 β カテニンの濃度が高くなる。このため、精子が進入した反対側で背側の形成が誘導される。

哺乳動物を含む多くの脊椎動物の（ 1 ）の決定には、(イ)繊毛のはたらきが重要である。マウスでは、7.5日胚の腹部にノードと呼ばれるくぼみが形成され、(ウ)その中心部に存在する繊毛が回転運動を行うことにより、一方向に水流が生じる。その流れを周辺部にある運動をしない繊毛が感知することが、（ 1 ）の決定に重要なプロセスである。この繊毛の運動には、（ 7 ）と呼ばれるモータータンパク質のはたらいている。

次に、ショウジョウバエの前後軸の形成を見てみよう。卵の前端に（ 2 ）因子として蓄えられたビコイド遺伝子のmRNAは、受精後に翻訳される。合成されたビコイドタンパク質は胚の中を拡散し、しばらくすると前端で高く、後方に向かって下がる濃度勾配を作る。一方、卵の後端にはナノス遺伝子のmRNAが蓄えられており、翻訳されたナノスタンパク質は、ビコイドタンパク質と反対向きの濃度勾配を作る。一方、ハンチバック遺伝子とコードル遺伝子のmRNAは、受精卵に均等に分布している。(エ)ビコイドタンパク質は、コードルmRNAの翻訳を阻害する一方、ハンチバック遺伝子の転写を活性化する。ナノスタンパク質は、ハンチバックmRNAの翻訳を阻害する。その結果、受精後しばらくすると、これらの4つのタンパク質は、それぞれ濃度勾配を作る。(オ)主にこれらの因子のはたらきで、（ 8 ）と総称される、体節の形成に関わる調節遺伝子群が前後軸に沿って異なった場所で発現するようになり、頭部・胸部・腹部それぞれに複数の区分が形成される。

植物の体制は動物とは異なるが、ショウジョウバエにおいて調節遺伝子のはたらきによって区分が形成されるのと似た仕組みで、被子植物の同心円状の形態をとる花の形成が説

明可能である。このことは、植物の代表的なモデル生物であるアブラナ科の（ 9 ）の遺伝学的研究でわかった。この場合、A、B、Cという3つのクラスの調節遺伝子のはたらきで4つの領域が形成され、最終的に領域1～4の順にがく片・花弁・おしべ・めしべができる。この際、Aクラスの遺伝子は領域1と2で、Bクラスの遺伝子は領域2と3で、Cクラスの遺伝子は領域3と4ではたらく。したがって、Aクラスの遺伝子でがく片が、Aクラスの遺伝子とBクラスの遺伝子で花弁が、Bクラスの遺伝子とCクラスの遺伝子でおしべが、Cクラスの遺伝子でめしべが、それぞれ形成される。このとき、Aクラスの遺伝子とCクラスの遺伝子は相互に抑制し合うことが知られている。(カ) 各クラスの遺伝子の機能が失われると、それに応じて特徴的な表現型があらわれる。

問1 上の文章の（ 1 ）～（ 9 ）に適切な語句を入れよ。

問2 下線部（ア）のディシェベルドと β カテニンのはたらきに関して適切な記述を1つ選び、番号で答えよ。

- ① ディシェベルドのはたらきにより安定化された β カテニンは、細胞外に分泌され周辺の細胞にはたらきかける。
- ② ディシェベルドのはたらきにより部分分解された β カテニンは、細胞外に分泌され周辺の細胞にはたらきかける。
- ③ ディシェベルドのはたらきにより安定化された β カテニンは、核に移行し遺伝子の発現に関わる。
- ④ ディシェベルドのはたらきにより部分分解された β カテニンは、核に移行し遺伝子の発現に関わる。

問3 下線部（イ）に関して、哺乳動物の肺につながる気管の上皮における繊毛の役割について20字以内で述べよ。

問4 下線部（ウ）に関して、人工的に逆向きのノードの水流を生じさせた場合、マウス胚にはどのような異常が生じる可能性があるか。考えられる異常について、20字以内で述べよ。

問5 ショウジョウバエの胚で、ビコイドタンパク質やナノスタンパク質の濃度勾配が生じるのは、その独特の卵割の特徴が関係している。その特徴を、40字以内で述べよ。

問 6 下線部 (エ) に関して、ビコイドタンパク質の性質の記述として適切なものを 2 つ選び、番号で答えよ (順不同)。

- ① DNA に結合する
- ② tRNA に結合する
- ③ mRNA に結合する
- ④ リボソームに結合する
- ⑤ 小胞体に局在する
- ⑥ 細胞膜内に局在する

問 7 上の文章のショウジョウバエの胚に関する記述から推測して、受精時におけるビコイド mRNA、ナノス mRNA、ハンチバック mRNA とコーダル mRNA の胚の前後軸における分布を適切に表現したグラフを図 5 から 1 つ選び、番号で答えよ。

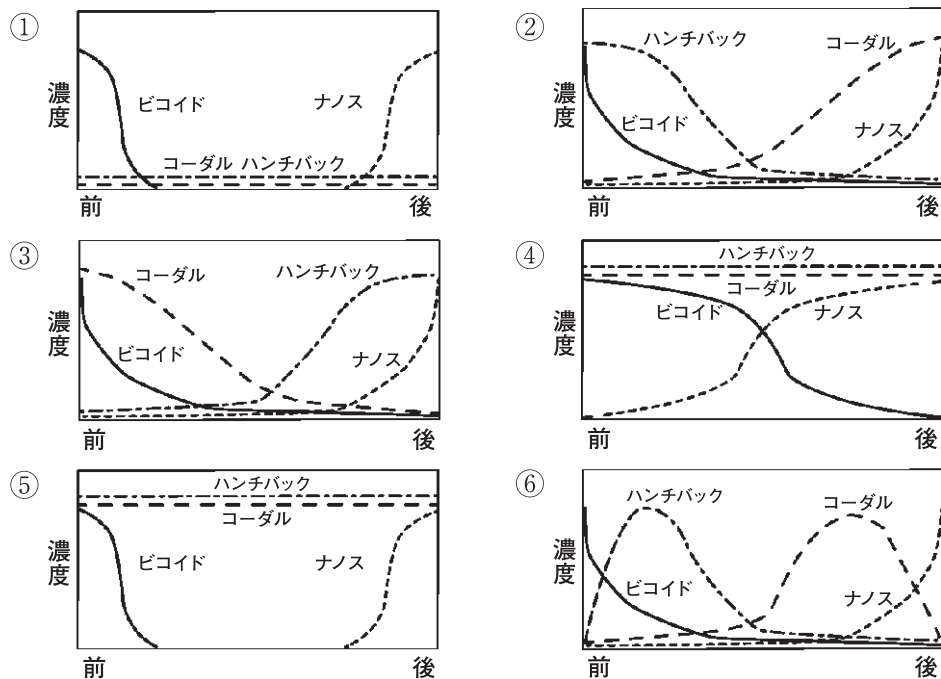


図 5

問 8 上の文章のショウジョウバエの胚に関する記述から推測して、受精後しばらくした時点におけるビコイドタンパク質、ナノスタンパク質、ハンチバックタンパク質とコーダルタンパク質の、胚の前後軸における分布を適切に表現したグラフを問 7 の図 5 から 1 つ選び、番号で答えよ。

生 物 $\frac{10}{12}$

問 9 下線部（オ）に関して、もし母体からビコイド遺伝子の mRNA が卵に供給されなかったら、その卵は受精後どのような異常を示すと考えられるか。最も適切な記述を選び、番号で答えよ。

- ① 異常はみられない
- ② 胸部のみを欠く
- ③ 頭部，胸部を欠く
- ④ 腹部のみを欠く
- ⑤ 区分がまったく形成されない

問 10 下線部（カ）に関して、次の（a）～（c）の場合について、領域 2 に形成される花の器官をそれぞれ答えよ。

- （a）A クラスの遺伝子が失われた場合。
- （b）B クラスの遺伝子が失われた場合。
- （c）A クラスの遺伝子と B クラスの遺伝子の両方が失われた場合。

生 物 $\frac{11}{12}$

V 次の文章を読み、問いに答えよ。

ブタとイノシシは交配可能で、その子は繁殖が可能である。したがって、ブタとイノシシは（ 1 ）種である。このように生物学的種は、（ 2 ）隔離が成立するかどうかを基準に決められることがある。自然界では、造山運動、砂漠や氷河の形成などが障壁となることで、同種の生物集団において自由な交配ができなくなり、遺伝子プールが分断されることがある。このような現象を（ 3 ）隔離という。長い年月の（ 3 ）隔離後に、隔離された2つの集団が再び出会っても、交配できなくなっていることがある。このように、1つの種が複数の種に分かれることを（ 4 ）という。(ア)（ 3 ）隔離がなくても、生物集団の中で自由な交配が難しくなり独立した進化が促されることがある。

突然変異の結果、個体間に繁殖力や生存率に遺伝可能な差が生じた場合、（ 5 ）により、そのような差を引き起こす変異を持つ対立遺伝子が集団中に広がる。(イ)一方、多くの突然変異には、（ 5 ）がはたらかない。このような変異遺伝子は、やがて遺伝子プールから消えるか、すべての個体がその変異遺伝子を持つようになるかのいずれかとなる場合もある。いずれの結果となるかは、集団の大きさが（ 6 ）方が早く決まる。通常、遺伝子プールの中には何種類かの対立遺伝子があり、この対立遺伝子の頻度が世代を経て変化することを（ 7 ）進化という。突然変異とその遺伝的浮動を進化の主要因としたのが（ 8 ）説である。（ 5 ）がはたらかないDNA塩基配列やタンパク質のアミノ酸配列の変化は、生物種にかかわらず時間的におよそ一定であるため、種の分岐年代を推定するための（ 9 ）として用いられる。

(ウ)タンパク質の種類により分子進化の速度（アミノ酸の変化率）は異なることが知られている。例えば、ヒストンH4の進化速度は、血液凝固に関するフィブリンペプチドの進化速度のおよそ800分の1である。

哺乳類は、恐竜が滅びた後のさまざまな環境にあわせて多様に進化した。これを（ 10 ）という。そのため、(エ)発生起源が同じであり、同じ基本構造を持つ（ 11 ）器官が、さまざまな哺乳類の種間で認められる。ある生物が生きていた生育環境を特徴付ける化石は、（ 12 ）と呼ばれる。一方、特定の時代区分に出現し、その地層が形成された年代を特徴付ける化石は、（ 13 ）と呼ばれる。地質時代は、化石の種類が大きく変化するときを境にして、古生代、中世代、（ 14 ）に分けられる。古生代より前の化石があまり出現しない時代は、（ 15 ）と呼ばれる。多細胞生物が出現したのは約10億年前だと考えられる。その後、地球全体が氷河におおわれる（ 16 ）により多くの生物種が絶滅したが、気候が再び温暖になると比較的大型の多細胞生物が出現し始めた。酸素が大気中に増加する以前にはオゾン層は存在しなかった。生物の活動により大量の酸素が放出され、（ 17 ）による化学反応で酸素がオゾンに変えられて、やがてオゾン層が形成された。(オ)これにより、陸上は生物が生存できる環境となった。

生 物 $\frac{12}{12}$

同一のゲノム内で同じ遺伝子が 2 つになることを (18) という。(カ)もとは同じであった 2 つの遺伝子に、異なる突然変異が生じた結果、片方が別のはたらきをするタンパク質を作るようになり、新しい遺伝子としてはたらくようになることもある。一方、染色体のセット数が 2 倍、3 倍などの整数倍になっている個体を (19) という。これに対して、特定の染色体の増減により正常個体とは数が異なる染色体を持つ個体を (20) という。染色体の一部が切断され、それが別の染色体とつながることを (21) というが、これも進化の原因になる。フランスの (22) は、進化に関する理論として「よく使われる器官は発達し、そうでない器官は退化していく。それによって獲得した形質は、遺伝によって子孫に伝えられる。」と唱えているが、(キ)この説は現在では否定されている。それに対して、「さまざまな変異を持つ個体が集団の中には存在するが、環境に適応した個体が生き残ることで、環境に適応した方向に生物が進化する。」という説をイギリスの (23) は唱えた。

問 1 上の文章の (1) ～ (23) に適切な語句を入れよ。

問 2 下線部 (ア) に相当する例を動物で 1 つ挙げて具体的に説明せよ。

問 3 下線部 (イ) に相当する例を 1 つ書け。

問 4 下線部 (ウ) に関して、進化の速度が遅いのは、どのようなタンパク質分子かを書け。

問 5 ヒトにおいてある対立遺伝子が A と a の 2 種類であり、A の遺伝子頻度が 0.8 であることが分かった。この遺伝子に関してハーディ・ワインベルクの法則が成立している場合に、A a の遺伝子型を持つ次世代の個体の出現頻度を答えよ。

問 6 下線部 (エ) に相当する例を 1 つ書け。

問 7 下線部 (オ) に関して、その理由を書け。

問 8 下線部 (カ) に相当する例を 1 つ書け。

問 9 下線部 (キ) に関して、その理由を書け。