

令和5年度(前期日程)

入学者選抜学力検査問題

生 物

〔注意事項〕

1. 監督者の指示があるまで、この冊子と解答用紙を開いてはいけません。
2. この冊子の問題は8ページからなっています。また、解答用紙は4枚、下書き用紙は2枚あります。監督者から「解答開始」の指示があったら、この冊子、解答用紙、下書き用紙を確認し、落丁・乱丁および印刷の不明瞭な箇所などがあれば、手をあげて監督者に知らせなさい。
3. 解答用紙には、受験番号を記入する欄がそれぞれ2箇所あります。監督者の指示に従って、4枚全ての解答用紙(合計8箇所)に受験番号を記入しなさい。
4. この冊子の白紙や余白は、適宜下書きや計算などに使用してもよい。
5. 解答はかならず解答用紙の指定された箇所(問題番号や設問の番号・記号などが対応する解答欄の枠内)に記入しなさい。指定された箇所以外(裏面など)への解答は採点対象外です。
6. 解答用紙は、持ち帰ってはいけません。
7. この冊子と下書き用紙は、持ち帰りなさい。

訂正箇所及び訂正内容

問題冊子 1 ページ

I 問題文 11 行目

【誤】 短いヌクレオチドは…

↓

【正】 短いヌクレオチド鎖は…

問題冊子 3 ページ

II 問題文 7 行目

【誤】 マウス精子の構造は、… から構成されている

↓

【正】 マウス精子は、… からなる

解答用紙 生物 4

IV 問 5. 解答枠の記載

【誤】 特徴と個体群の成長や衰退などの予測

↓

【正】 特徴と個体群の成長や衰退などの変化の予測

I 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

(配点率 25 %)

生物の遺伝情報を担う DNA の分子は、ヌクレオチドが繰り返しつながつた構造をもつ。DNA の塩基には、シトシン、(ア), チミン、(イ) の 4 種類がある。ヌクレオチド同士の結合には、デオキシリボースの 3' の炭素と 5' の炭素につながつたリン酸基が使われることにより、方向性がある。二本鎖 DNA は、互いに逆向き並行でらせん状にねじれ、シトシンと(ア), もしくはチミンと(イ) の間で(ウ) 結合が形成される。

DNA は、細胞周期の S 期に複製される。DNA の複製はまず、複製起点とよばれる特定の場所から開始される。(エ) とよばれる酵素により相補塩基間の(ウ) 結合が切断され、部分的に 1 本鎖となり、複製の鋳型となる。鋳型の塩基配列に相補的な配列を持つ短い RNA 鎖が合成され、これを(オ) と呼ぶ。(オ) の末端から鋳型と相補的なヌクレオチドが DNA ポリメラーゼによって次々と連結される。新たに合成されるヌクレオチド鎖は、連続的に伸長する(カ) 鎖と不連続に伸長する(キ) 鎖と呼ばれる。(キ) 鎖で合成される短いヌクレオチドは(ク) と呼ばれ、DNA リガーゼによって連結される。DNA 複製では、元の DNA の一方のヌクレオチド鎖が、複製された DNA にそのまま受け継がれる。この様式を(ケ) 複製と呼ぶ。

問 1. 文章中の(ア)~(ケ) に適切な語句を答えなさい。

問 2. ヒトの体細胞 1 個に含まれる DNA 量を 5.9×10^{-12} g とすると、この DNA を 1 本になるようにつないだ場合の長さ(m)を答えなさい。なお、計算式を示し、小数点第 2 位を四捨五入すること。DNA は二重らせん構造をとっているものとし、ヌクレオチドの平均分子長を 3.4×10^{-10} m、平均分子量を 330、アボガドロ数を 6.0×10^{23} とする。

問 3. 図 1 は複製起点付近の構造を模式的に表したものである。鋳型 DNA の塩基配列に相補的な 5'-UAGCC-3' という配列を持つ短い RNA 鎖が合成される可能性があるのは、図 1 の DNA のどの位置か、①~⑩の中からすべて選び、番号で答えなさい。ただし、この RNA 配列は仮定であり、特定の生物種との関連はないものとする。

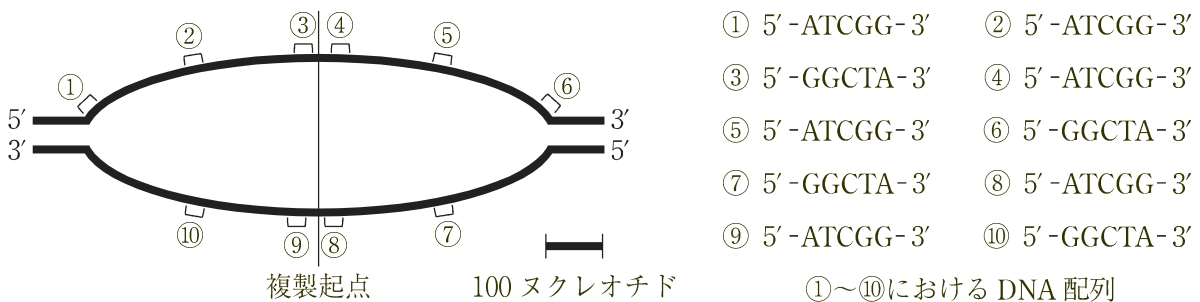


図 1 複製起点の模式図

DNAの複製様式は、理論的には図2の(I)~(III)の3種類の様式が考えられた。実際の複製様式は、1958年にメセルソンとスタールによって行われた実験によって明らかとなった。彼らは、窒素同位体である ^{15}N と ^{14}N を利用して実験を行った。大腸菌を、 ^{15}N のみを窒素源として含む培地中で培養を繰り返し、大腸菌のDNAに含まれる窒素原子のほとんどを ^{15}N に置き換えた。次に、この大腸菌(親世代)^(a)を ^{14}N のみを窒素源として含む培地中に移し、培養をおこなった。分裂のたびに大腸菌からDNAを抽出し、塩化セシウムによる密度勾配遠心法を用いて、DNAの比重を解析した。親世代から抽出したDNAは図3の(X)のパターンに、30回分裂させた大腸菌から抽出したDNAは図3の(Y)のパターンに分画された。ただし、図3のA~Dの範囲では直線的な密度勾配が形成されているものとする。

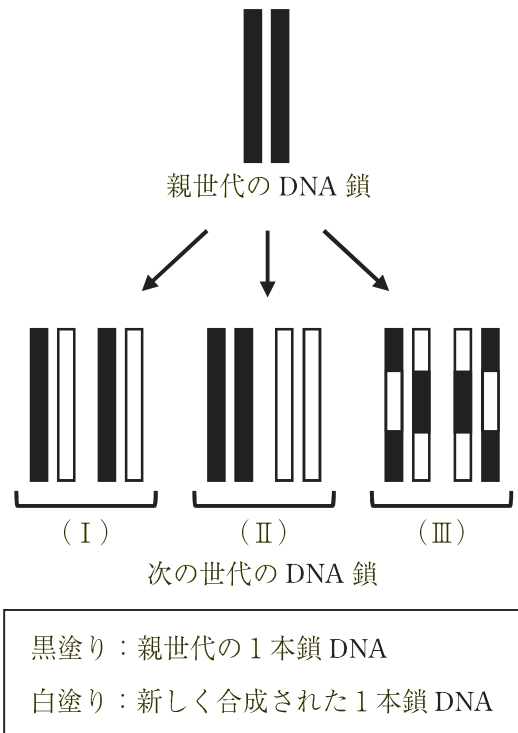


図2 理論上考えられる複製様式

問 4. 図2の(I)または(II)のモデルが正しいと仮定した場合、下線部(a)の実験で2回分裂および3回分裂した大腸菌から抽出したDNAはそれぞれの位置に検出されることが予想されるか、各位置のDNAの割合(A:B:C:D)を、最も小さな整数を用いて答えなさい。図3の(X)の場合、 $A:B:C:D=0:0:0:1$ 、(Y)の場合、 $A:B:C:D=0:1:0:0$ と表すものとする。

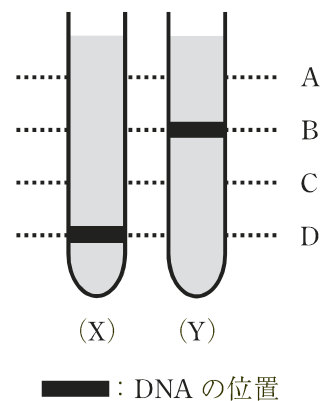


図3 密度勾配遠心法によるDNAの分離

問 5. 図2の(III)のように、もとの1本鎖DNAと新しく合成された1本鎖DNAが組み合わさって2本鎖DNAの複製が行われると仮定する。下線部(a)の実験で2回分裂した大腸菌から抽出したDNAは、図3のどの位置に検出されるか。正しいものを下の中から1つ選び、番号で答えなさい。ただし、複製が終了したDNA鎖は、もとのDNA部分と新しいDNA部分をいずれも等量ずつ含み、全体に渡って一様の組成であるとする。

- ① A ② B ③ BとCの間 ④ C ⑤ CとDの間 ⑥ D

II 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

(配点率 25%)

細胞膜は、どの細胞でも基本的に共通した構造を持ち、主にリン脂質とタンパク質から構成されている。リン脂質は、(ア)性部分を内側に、(イ)性部分を外側にして互いに集合することで、二重層を形成する。このリン脂質二重層は(ウ)性をもつので、そこにモザイク状に組み込まれたタンパク質は比較的自由に動くことができる。

真核細胞の細胞質には、繊維状のつながりをもった(エ)と呼ばれる構造が存在し、太さと構成するタンパク質の種類から微小管、中間系フィラメント、アクチンフィラメントの3つに分類される。これらの構造は、細胞の形の維持、細胞分裂、細胞内小器官の配置に働く。マウス精子の構造は、頭部、中片部、尾部から構成されている。頭部には核があり、その先端には、受精にはたらく(オ)という構造が存在している。中片部にはミトコンドリアが集まって存在している。遊泳運動を可能にしているべん毛軸糸は、頭部の端に位置する中心体を起点として、尾部末端までの全体にわたって存在し、これを輪切りにすると、規則正しい構造が見られる。周辺部には、2本の微小管が対になった二連(ダブルット)微小管が9つ、中央に対を作らない中心微小管2本が存在し、これらは、(カ)というタンパク質で構成されている。さらに、周期的に二連微小管に沿って腕のような突起タンパク質が配置され、これは、(キ)と呼ばれるモータータンパク質である。(キ)は、ATPを分解する酵素活性をもつので、得られたエネルギーによって、隣の二連微小管との間には滑り運動が生じ、これが原動力となって、べん毛の屈曲運動が起こる。

問 1. 文章中の(ア)～(キ)に適切な語句を答えなさい。

問 2. モータータンパク質のうち、アクチンフィラメント上を移動するタンパク質の名称を答えなさい。

問 3. ATPは、エネルギーの通貨によく例えられる。ATPに蓄えられた化学エネルギーは、どのように分解されると放出されるか、50字以内で説明しなさい。

問 4. グルコース1分子を分解することで、呼吸(解糖系・クエン酸回路・電子伝達系を経て、水と二酸化炭素に完全に分解された場合)、乳酸発酵、アルコール発酵から得られる最大のATP相当数をそれぞれ答えなさい。ただし、途中で消費される分は差し引くものとする。

精子のエネルギー代謝とべん毛運動の関係を調べることを目的に、生体外の精子培養系を用いて実験を行った。グルコースやピルビン酸などの代謝基質を全く含まない培養液に移されたマウス精子は、培養開始直後、精子 100 万本あたりの ATP 量は 400 pmol で、べん毛運動の振動数は 20 Hz であった。しかし、一定時間培養を行うと、ATP 量は 80 pmol、べん毛運動の振動数は 1.5 Hz と変化した。この精子培養系に、グルコースを添加して 10 分間培養したところ、精子に含まれる ATP 量は 300 pmol、べん毛運動の振動数は 18 Hz となった。一方、ピルビン酸を添加して 10 分間培養すると、精子に含まれる ATP 量は 300 pmol、べん毛運動の振動数は 10 Hz となった。

なお、マウス精子は、新たなタンパク質合成を行わず、備わったもので受精に至るまでの全ての生理的機能をまかなっている。尾部には、グルコースやピルビン酸を細胞内に取り込む機能を持っている。pmol は 10^{-12} mol であり、Hz は 1 秒間のべん毛運動の振動数を表す単位である。

問 5. 代謝基質を全く含まない培養液中で一定時間培養することで、精子に含まれる ATP 量と精子のべん毛運動の振動数が変化した理由を 2 行以内で説明しなさい。

問 6. 実験の結果から精子のエネルギー代謝とべん毛運動の関係について、4 行以内で説明しなさい。

III

次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

(配点率 25%)

人間は外界から様々な刺激を受け取り、刺激から得た情報などをもとに筋肉などの(ア)器を通して外界に働きかける。一方、刺激を受け取るのは眼や耳などの受容器であり、これらには受容細胞が存在する。受容細胞は、特定の種類の刺激にだけ反応する。刺激を受け取った受容細胞^(a)では、刺激の強さに応じて活動電位の発生頻度に変化する。このニューロンの活動は中枢に伝えられ、感覚が生じる。例えば、空気の振動として伝わってきた音は、耳殻で集められ、外耳道の奥にある(イ)を振動させる。この振動は、中耳にある(ウ)を経て、内耳の(エ)の中にある聴細胞に伝えられる。

外界の変化や人間自身の活動によって、体内環境も絶えず変化している。体内環境の変化を一定の範囲内に保つために、人間は外界からの刺激だけでなく内部の状態も常に感知している。大量の発汗などによって体内の水分量が不足すると、血液中の塩分濃度が上昇する。この濃度の変化は間脳の(オ)によって感知され、(カ)から(キ)というホルモンが血液中に放出される。その結果、腎臓^(b)の(ク)での水分再吸収が促進され、尿量が減少するとともに体液の塩分濃度が低下する。また、運動や飢餓状態などによって血糖値^(c)が低下すると、人間の身体は自律神経系や内分泌系の働きによって、血糖値を上昇させる。

問 1. 文章中の(ア)～(ク)に適切な語句を答えなさい。

問 2. 内耳には聴覚以外に2つの感覚の受容器がある。それぞれの受容器名をあげ、どのような刺激を受容するのか、答えなさい。

問 3. 下線部(a)に関して、刺激の強さに応じて活動電位が発生する頻度だけでなく、興奮するニューロンの本数も増加する。刺激の強さによって興奮するニューロンの本数が増加するしくみを2行以内で説明しなさい。

問 4. 下線部(b)に関して、次の文章中の(A)～(F)に適切な語句を答えなさい。

腎臓は約100万個のネフロンと呼ばれる基本的な構造物が集まってできている。1個のネフロンは(A)と(B)の構造単位からなる。(A)は毛細血管が複雑に絡み合った(C)と、これを包み囲むような袋状の構造の(D)で構成されている。尿の生成過程では、ろ過によって原尿が作られ、その後、グルコースや様々なイオンなどが再吸収される。再吸収される水やイオンの量はホルモンによって調整される。例えば、(E)から放出される(F)と呼ばれるホルモンはナトリウムの再吸収を促進する。尿素などの老廃物は再吸収されにくいいため、濃縮されて、尿の成分となって体外に排出される。

問 5. 下線部(c)に関して、血糖値が低下したときに、自律神経のうち交感神経が刺激する器官名とその器官での作用の組み合わせを3つ答えなさい。

IV

次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

(配点率 25%)

自然界には多くの生物が生活し、アフリカゾウのように集団で生活するものやフクロウのように単独で生活するものがある。単独で生活する生物においても繁殖期になると雄と雌が出会い子孫を残している。また、動物のように動くことのできない種子植物でも同種他個体に花粉を送ることで生殖上の関係が生じている。このように、ある一定地域で生活する同種個体の集まりを個体群という。個体群は、同じ地域で生活する異なる種の個体群と関係し合いながら生活している。
 (a) (b) このような生物の関係を種間の(ア)といい、ある地域で生活している異なる種の個体群の集まりを(イ)という。(イ)と非生物的環境を合わせたものが(ウ)である。

個体群はたいてい、さまざまな生育期の個体の集団で成り立っている。図1は個体群を構成する各個体を年齢によって区分し、それぞれの個体数を積み重ねて示したもので、これは年齢ピラミッドと呼ばれる。
 (c)

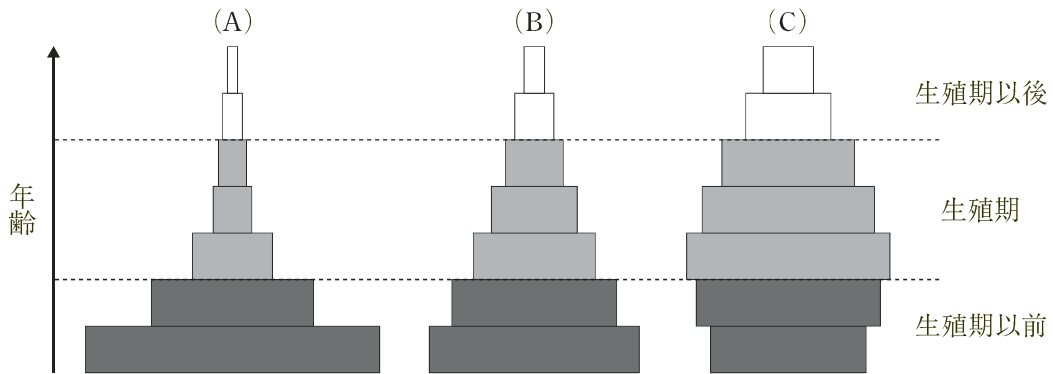


図1 年齢ピラミッドのタイプ

自然界では生まれた子や生産された種子がすべて成長して次世代を生み出すわけではない。これらが成長するにつれてどれだけ生き残れるかを示した表を生命表といい、これをグラフに示したものは生存曲線という。
 (d) (図2)。

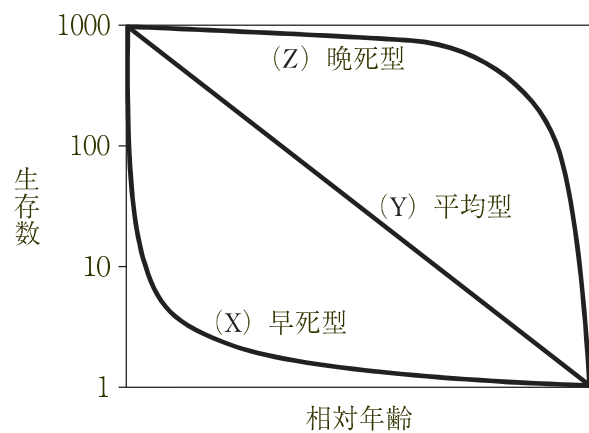


図2 生存曲線のタイプ

問 1. 文章中の(ア)～(ウ)に適切な語句を答えなさい。

問 2. 下線部(a)に関して、一定の地域内に生息する個体群内ではその種の行動特性や他の個体との関係、生息地の環境などにより個体の分布に3つの様式がある。3つの様式の名称とその個体分布の特徴を書きなさい。

問 3. 下線部(a)の大きさを単位空間あたりの個体数であらわしたものを個体群密度という。個体群密度の調査法のひとつに区画法があり、この方法を用いて、10,000 m²の土地に生息するタンポポの個体数を推定するために5地点で調査した。各調査地点の調査面積を5 m×5 mとしたところ、以下のような結果になった(表1)。この土地に生息するタンポポの個体数を推定しなさい。

表1 各調査地点におけるタンポポの個体数

調査地点1	調査地点2	調査地点3	調査地点4	調査地点5
15	30	50	40	20

問 4. 下線部(b)に関する記述で正しいものを以下からすべて選び、番号で書きなさい。

- (1) 群れのなかでは強い個体と弱い個体の優劣関係ができることが多い。
- (2) アリは生殖に専念する女王と、生殖に参加せず食物の運搬や幼虫の世話をする個体など分業して集団生活をする。
- (3) テントウムシはアブラムシを食べて栄養分を得ている。
- (4) ショウジョウバエの雌1個体あたりの産卵数は、容器内の個体数が多くなるほど減少する。
- (5) 背丈が高い植物と背丈が低い植物を同じ畑に混植したら、背丈の低い植物の方は光が不足して衰退した。

問 5. 下線部(c)には3つのタイプがある。図1の(A)～(C)の名称およびその特徴と個体群の成長や衰退などの変化を予測して説明しなさい。

問 6. 下線部(d)の生存曲線には(X)早死型、(Y)平均型、(Z)晩死型に大別される。それぞれの生存曲線に近い個体数の変化をする生物を以下からすべて選び、カタカナで書きなさい。

シジュウカラ、ヒト、マイワシ、トカゲ、ミツバチ、アサリ

(以 上)