

生物学

【第8問】

I 以下の問いに答えよ。

- (1) 真核生物の細胞における DNA の状態について述べた以下の文章の空欄 (ア) から (エ) に正しい語句を入れよ。

真核生物では DNA は (ア) と呼ばれるタンパク質に巻きついている。このタンパク質と DNA の複合体を (イ) と呼ぶ。細胞分裂時に光学顕微鏡で観察される (ウ) は (イ) が凝集したものである。遺伝情報が読み取られる際には (イ) がほどけ、DNA の塩基配列の情報が mRNA へと (エ) される。

- (2) 真核細胞の増殖は分裂によって行われる。体細胞分裂の周期はいくつかの段階に分割できる。これらの名称と各段階においてどのような現象が起こっているのか、合わせて 150 字程度で述べよ。

- (3) 有性生殖を行う真核生物では配偶子を形成するにあたって減数分裂を行う。この減数分裂というプロセスを、特に体細胞分裂との違いに重点を置き、以下の用語を用いて 200 字程度で説明せよ。

第一減数分裂, 第二減数分裂, 倍加, 相同染色体

- (4) 有性生殖を行う $2n$ の真核生物の例として植物のエンドウを考える。その種子の形態には滑らかで丸いものとしわをもつものの2つのタイプがあり、またその胚乳の色には黄色と緑色があるとし、それぞれ独立の遺伝子により支配されているとする。各形質につき、滑らかで丸い形態と黄色の色が優性の対立遺伝子 (A および B) , しわをもつものと緑色のものが劣性の対立遺伝子 (a および b) によりそれぞれ支配されているとすると、たとえば遺伝子型 AaBb を持つ種子は丸く黄色になり、aabb を持つ種子はしわを持ち緑色になる。この時 AABB と aabb という遺伝子型をもつ個体を各親として交配した場合、そこからできた雑種第一世代 (F1) 同士を自家受精して

できた雑種第二世代 (F₂) における種子は、どのような形態および色のくみ合わせのものがどのような比率で得られるか算出せよ。ただし遺伝子 A/a と B/b は全く連鎖していないとする。

- (5) サルのある集団で、新しく生まれたサルのうち 3600 匹に 1 匹の割合で発生する致死の病気があるとする。この病気はある遺伝子 A の劣性致死性変異が原因であるため、子どもの両親双方がこの変異をヘテロに持つ場合にのみ発症する。このとき各親がこの変異についてヘテロ接合体のキャリアーである確率（何匹に 1 匹の割合でそのようなキャリアーがいるか）を算出せよ。

II 次の文章を読んで、以下の問いに答えよ。

生物は酵素を用いて代謝活動の速度を制御する。多くの酵素は（ア）から構成されており、代謝速度は^(A)生体が増殖する物理化学条件や基質濃度により大きな影響を受ける。酵素濃度が一定で、基質濃度が変化する場合、代謝速度も変化することが知られ、この関係は（イ）式として表される。^(B)基質濃度が低い場合は、代謝速度は基質濃度とともに速まるが、ある濃度以上では、代謝速度は一定である。酵素反応が物質の合成を律速するため、生体の増殖速度と基質濃度の関係も（イ）式と類似した（ウ）式で表される。

- (1) （ア）から（ウ）に入る適切な語句を答えよ。
- (2) 下線部（A）の生体が原核生物とした場合に、増殖に影響を及ぼす物理化学因子を3つ挙げ、それらが何に影響を与えるのか50字程度で説明せよ。
- (3) 代謝に関わる酵素であるシトクロム c オキシダーゼがミトコンドリア内で触媒する反応を化学式で示せ。また、この酵素の構造的な特徴を30字程度で述べよ。
- (4) なぜ下線部（B）のような基質濃度と反応速度の関係が生じるかを80字程度で説明せよ。
- (5) ある原核生物が6時間で1 mL 当たり 10^6 個の細胞から 10^8 個の細胞に増殖したとする。この際の細胞数の倍加時間を計算せよ。ただし、測定した6時間で増殖速度には変化がなかったとし、 $\log_{10}2 = 0.301$ として有効数字2桁で求めよ。

生物学

【第9問】

I 次の文章を読んで、以下の問いに答えよ。

生命活動に必須な生元素のうち、もっとも主要なものは、炭素 (C) , 窒素 (N) , リン (P) である。これらの生元素は、大気、海洋、地圏と生命圏との間を循環している。ここでは、1年から100年という時間スケールでの生元素循環を考える。森林を構成する樹木は、光合成によって大気中の二酸化炭素を固定している。樹木の純光合成生産（総生産から呼吸を差し引いたもの）はきわめて大きいので、(1) 森林は大気二酸化炭素の吸収源になっている。 (2) 海洋では、サンゴや有孔虫など石灰質の殻をつくる生物が、炭酸カルシウムとして大気中の二酸化炭素を固定している。 植物の一次生産は、窒素とリンが制限している場合が多い。大気中には、大量の窒素分子 (N_2) が存在するが、窒素原子同士は3重結合で強く結びついているため、ほとんどの生物はそのままでは利用できない。大気中の窒素を固定することができる (3) 限られた生物が窒素分子をアンモニアなどに変えて、生命圏に供給している。 一方、リンは岩石の (4) によって生命圏に供給される。大気、海洋、地圏と生命圏の間の生元素循環は、それぞれの間の出入りがほぼ釣り合っていた。しかしながら、(5) 近年、人間がこの釣り合いを乱して地球環境と生態系に大きな問題を起こしている。

- (1) 下線部 (1) は、正しいか誤っているか。もし誤っているなら、どこが誤っているのか説明せよ。
- (2) 下線部 (2) は、正しいか誤っているか。もし誤っているなら、どこが誤っているのか説明せよ。
- (3) 下線部 (3) について、大気中の窒素を固定できる陸上と海洋中の生物を、それぞれ挙げよ。
- (4) 空欄 (4) にあてはまる適当な用語を述べよ。

(5) 下線部 (5) について、これまで釣り合っていた生元素循環を人類がどのように乱して、どのような問題が起きているか。炭素、窒素、リンのそれぞれについて 100 字以内で説明せよ。

II 以下の問題に答えよ。

(1) 軟体動物の貝殻や脊椎動物の骨格など、動物の硬組織が成長する様式は大別して4つに分けられる。これら4つについて、その名称とその例となる代表的な分類群名を挙げつつ、それぞれ40字程度で説明せよ。

(2) ある個体のある部分と別の部分の間の成長の関係を相対成長とよび、 X と Y をそれぞれ体のある部分の大きさとするとき一般に $Y=bX^a$ の関係がよく成り立つ。これについて以下の問いに答えよ。

(2-1) 相対成長は X と Y を両対数グラフでプロットして解析を行うことが多い。その理由を100字程度で述べよ。

(2-2) X の Y に対する成長関係は等成長、優成長、劣成長に分けられる。それぞれの成長関係について、 a の値の範囲を示し、 Y/X の値が成長とともにどのように変化するか説明せよ。

(3) 個体発生における形質発現のタイミングや発達の割合が進化的に変化することをヘテロクロニー（異時性）とよび、小さな遺伝的変異が大きな形態変化を引き起こすメカニズムの一つとして考えられている。このヘテロクロニーの例であるネオテニーと過形成とはどのような過程であるか、祖先種に対する子孫種の形態の発達の度合いおよび体サイズの大きさの変化に注目して、それぞれ50字程度で説明せよ。またそれぞれの過程の結果であると考えられる実際の進化の例を一つずつ挙げよ。