

生 物

注 意 事 項

1. 「解答始め」の合図があるまでこの冊子を開かないこと。
2. この冊子は13ページである。
3. 学部名と受験番号は、必ず4枚の解答用紙のそれぞれに記入すること。
4. 解答は、必ず解答用紙の指定された所に横書きで記入すること。

1 ゲノムと遺伝子に関する以下の問題に答えなさい。

問 1 下の表は、さまざまな生物のゲノムの特徴を示す。数値の有効数字は2桁である。

特徴 \ 生物名		大腸菌	結核菌	(エ)	ショウジョウバエ	ヒト
総塩基対数($\times 10^6$)		4.6	4.4	3.6	180	3200
塩基の割合(%)	A ^(注)	25	17	26	29	30
	C ^(注)	25	(ア)	24	21	20
	G ^(注)	25	(イ)	24	21	20
	T ^(注)	25	(ウ)	26	29	30
遺伝子数		4300	4000	3300	14000	30000
遺伝子の平均の長さ (塩基対)		960	1000	940	5500	27000
1つのタンパク質に含まれるアミノ酸数の平均		320	330	310	480	430

(注) Aはアデニン, Cはシトシン, Gはグアニン, Tはチミンを示す。

- (1) 表中の(ア), (イ), (ウ)に当てはまる数字を答えなさい。
- (2) ゲノムに含まれる各塩基の割合には規則性が見られるが, この規則性はDNAの構造のどのような特徴を反映しているか。30字以内で答えなさい。
- (3) (エ)に当てはまる生物が属するグループとして, 最も適当なものを下から1つ選び, 記号で答えなさい。
 - (a) ウイルス
 - (b) ラン藻類(シアノバクテリア)
 - (c) 緑藻類
 - (d) 子のう菌類
 - (e) 細胞性粘菌類
- (4) ショウジョウバエやヒトは, 大腸菌や結核菌に比べて遺伝子の平均の長さが長い。遺伝子の構造上の特徴からみて, その理由を70字以内で答えなさい。

問 2 トリプトファンはアミノ酸の1種で、大腸菌の生育に必須である。野生株の大腸菌は、糖と無機塩類のみを含む最少培地でトリプトファンを合成して生育することができる。トリプトファン合成酵素はトリプトファンの生合成に必要な酵素の1つで、その遺伝子は以下のような塩基配列を持つ。塩基配列は、アミノ酸配列を指定しているほうの鎖のみを、開始コドンATGから終止コドンTAAまで示している。

```
ATGGAACGCTACGAATC T C TGTTTGCCCAGTTGAA
                    ③ ① ④
GGAGCGCAAAGAAGGCGCATTCTGTTCCCTTTCGTCAACGC
TCGGTGATCCGGGCAT TGAGCAGTCATTGAAAATTAT
                    ②
                    . . . 中略 . . .
ATCGAGCAACATATTAATGAGCCAGAGAAAATGCTGGC
GGCACTGAAAGTTTTTGTACAA CCGATGAAAGCGGCGA
CGCGCAGTTAA
```

- (1) 下線①で示すCが欠失した突然変異株aは、最少培地で生育できなかった。考えられる理由を、翻訳されるタンパク質のアミノ酸配列の観点から60字以内で答えなさい。
- (2) 突然変異株bは、下線②で示すTが別の塩基に置換されていたにもかかわらず、最少培地で生育した。考えられる理由1つを、翻訳されるタンパク質のアミノ酸配列の観点から50字以内で答えなさい。

(3) 突然変異株 a の細胞の集団の中から、最少培地で生育できる x 株と y 株が出現した。これらの株のトリプトファン合成酵素遺伝子の塩基配列を調べて、突然変異株 a のものと比較したところ、変化がみられた。x 株と y 株で見られた変化は異なっていた。観察された変化として最もあり得るものを、(ア)~(オ)の中から記号で 2 つ答えなさい。

- (ア) 下線③の T が C に置換
- (イ) 下線④の T が C に置換
- (ウ) 下線③の T が欠失
- (エ) 下線③の T と下線④の T が欠失
- (オ) 下線③の右となりに G が挿入

問題は次ページに続く。

2 次の文章を読み、問1～問4に答えなさい。

窒素は生物にとって必須の元素であり、生物によってさまざまな形の化合物に代謝されて利用される。窒素を含む有機物は有機窒素化合物とよばれ、生物にとって重要な機能をもつタンパク質、核酸、ATP(アデノシン三リン酸)などがある。生物は体外から窒素化合物を取り込み、これらの有機窒素化合物を合成する。^①多くの植物や微生物は無機窒素化合物を用いて有機窒素化合物をつくることができる。しかし、動物は無機窒素化合物から有機窒素化合物を合成することができないため、食物として有機窒素化合物を取り込み、必要な有機窒素化合物に再合成している。

多くの生物は空気中に存在する分子状窒素(N_2)を直接には利用できないが、一部の生物は、細胞内に N_2 を取り込み、有機窒素化合物の合成に利用可能な^②(ア)に変えることができる。(イ)菌はマメ科植物の(ウ)に共生することにより、この代謝をおこない、(ア)を植物にあたえている。

生物の遺体や排出物に含まれる有機窒素化合物は微生物によって分解され、(ア)が放出される。硝化細菌(亜硝酸菌と硝酸菌)は、この(ア)を^③(エ)に変えている。さらに、酸素のない環境では(オ)菌が(エ)を N_2 に変えて空気中に放出する。

問1 文中の(ア)～(オ)に適する語句を記入しなさい。

問2 下線①について、以下の問題に答えなさい。

- (1) 下線①の代謝を何というか、答えなさい。
- (2) 下線①の代謝に関する以下の文中の(a)～(e)に適する語句を記入しなさい。

植物は根から吸収した硝酸イオンを(a)を通して(b)の細胞に輸送し、硝酸還元酵素によって(c)に還元する。(c)は亜硝酸還元酵素によって還元され(d)となる。(d)はグルタミン酸に取り込まれた後、さまざまな(e)にアミノ基が転移され、さまざまなアミノ酸が生成される。

問 3 下線②について、以下の問題に答えなさい。

- (1) 下線②の代謝を何というか、答えなさい。
- (2) 下線②の代謝には多くの ATP が必要であるため、上記のような植物との共生関係は(イ)菌にとっても都合がよいと考えられる。その理由を 40 字以内で説明しなさい。

問 4 下線③の硝化細菌がおこなう代謝は硝化作用とよばれる。独立栄養生物である硝化細菌がどのように硝化作用を利用しているのかを 100 字以内で説明しなさい。ただし、「ATP」、「酸化」、「有機物」の語句をそれぞれ 1 回以上使用して説明しなさい。

3 種分化のしくみについてまとめた以下の文章を読み、問1～問4に答えなさい。

種分化とは、1つの種から複数の種が進化することであり、地球上のすべての生物種は、共通の祖先から種分化を繰り返して現在に至ったと考えられている。種分化がおこるためには、まず、祖先となる種の個体間に遺伝的変異がある必要がある。遺伝的変異は主に、DNAの塩基配列に変異が生じる(ア)突然変異や、(イ)の数や構造が変化する(イ)突然変異によって生じる。遺伝的変異は、同種の個体間に、体の形や大きさ、色や行動パターンなどの変異をもたらすが、これを(ウ)の変異という。環境に適した(ウ)を持つ個体は、生存や繁殖に有利になるため、集団におけるその(ウ)を持つ個体の割合が増加していく。これが環境による(エ)である。

(ウ)をもたらす対立遺伝子の組合せを遺伝子型と呼ぶ。十分な個体数がある②
って外部との出入りがなく、(ア)突然変異や(イ)突然変異がおこらず、(エ)が働かない集団では、まったく自由に交雑が行われた場合、遺伝子型の割合は世代を経ても一定に保たれる。しかし、実際の集団では(エ)が働いており、特定の(ウ)が選ばれたり排除されたりする。

例えば、大陸の広い範囲に分布するMという陸上種があったとする。海面の上昇によってMの分布域が分断され、2つの大陸、aとbに分かれた。Mは2つの集団、MaとMbに分けられ、集団間での個体の行き来は不可能となったが、この時点ではまだ一つの種である。このように、生息地の物理的分断によって集団が分けられることを、(オ)隔離という。aとbでは環境が異なるため、分断後、MaとMbには別の方向への(エ)が働き、遺伝的に異なる集団となった。その結果、両種の個体が再び出合っても交配できない、すなわち(カ)隔離が完成し、MaとMbは別種に分化した。

進化の過程で共通の祖先からさまざまな環境に適した多様な種に分化することを、(キ)と呼び、オーストラリアの有袋類などで見られる。有袋類には、モ

モンガによく似たフクロモモンガのように、他の大陸で(キ)した真獣類(育児のうを持たず胎盤を持つほ乳類)とよく似た種が見られる。これは、系統が異なる種が同じような環境や生活様式に適応した結果であり、これを(ク)という。

問 1 文章中の(ア)～(ク)に適切な語句を入れなさい。

問 2 下線①に関連して、進化をもたらす(エ)のひとつに、他種との相互作用がある。そのうち、双方の種に利益をもたらす共生関係をなんとというか、答えなさい。また、この関係にある以下の2組が、どのようにして互いに利益をもたらしているか、各60字以内で説明しなさい。なお、以下にあげている生物名はあるグループの総称であり、実際には各々のグループに属する種の間はこの関係が成り立つものである。

- (a) アブラムシとアリ
- (b) 造礁サンゴと褐虫藻

問 3 下線②に関連して、以下の(1)～(3)に答えなさい。

- (1) 体色が1対の対立遺伝子で決められており、暗色と明色という表現型を持つ魚類を仮定する。暗色型は優性で、その遺伝子をAとし、明色型の遺伝子をaとする。野生の暗色個体のみを多数採集し、飼育下で自由に交配させると、100ペアに1ペアの割合で明色型の子供を産むペアが出現した。何度採集してもこの割合は変わらないと仮定し、野生の集団における遺伝子aの頻度を、小数点第4位を四捨五入して第3位まで求めなさい。
- (2) 1ペアあたりの産卵数に差がないと仮定すると、飼育下で生まれた第1世代10000個体のうち、明色個体は何個体か、算出しなさい。
- (3) 飼育下で生まれた第1世代の明色個体を稚魚のうちに取り除き、次の世代をさせた結果、明色個体を産むペアの出現率は何%になるか、計算しなさい。ただし、小数点第2位を四捨五入して第1位まで求めること。

問 4 生物はその進化の歴史の中で種分化と絶滅を繰り返してきたが、近年、人為的な要因による種の絶滅が増加しているといわれている。その要因のひとつとして、人為的に他の場所から持ち込まれた外来種の影響があげられる。外来種が在来種の脅威となっている以下の組合せのうち 2 例を選択し、それが持ち込まれた経緯と在来種に与えている負の影響を、各 60 字以内で説明しなさい。選んだ組合せを記号で示すこと。

- (a) ジャワマンダースとアマミノクロウサギ
- (b) サキグロタマツメタガイとアサリ
- (c) オオクチバス(通称ブラックバス)とワカサギ
- (d) タイワンザルとニホンザル

問題は次ページに続く。

4 次の文章を読み、問1～問5に答えなさい。

植物プランクトンは、水中に浮遊して生活する(a)生物である。湖の生態系において、植物プランクトンは、無機物から有機物を合成する生産者としての役割を持っている。植物プランクトンが生産した有機物は、食物連鎖によって生態系内を移動する。食物連鎖を構成する生物の量は、一般に栄養段階が上がるほど(b)。(c)は、生物の遺骸や排泄物に含まれる有機物を無機物に変える働きをしている。

植物プランクトンが生産を行うと湖水の成分の濃度が変化する。これを利用し
① て、ある成分の一定時間(半日程度)における濃度変化を調べることにより、植物プランクトンの生産量を測定することができる。一定容積の湖水中で、一定時間につくられる有機物の総量を総生産量といい、総生産量から植物プランクトン自身の(d)を差し引いたのが(e)である。(e)は、深さとともに減少し、あるところでゼロになる。この深さを(f)という。

北半球温帯域の深い湖では、植物プランクトンの個体数は、季節に伴い大きく変動する。この季節変動には、生物的環境要因と非生物的環境要因が関係している。植物プランクトンの個体数は、春になると急に増加してピークに達し、その後急増したときとほぼ同じ速度で減少する。
② 夏の期間は個体数が少ない。秋にな
③ ると植物プランクトンの個体数は、再び急増と急減を繰り返す。このときの個体数のピークの高さは、一般に秋よりも春の方が(g)。冬は夏と同様に個体数が少なくなる。

また、湖の植物プランクトンは、長い年月の間に環境の変化を受けて種類や量が増える。環境の変化を受けて富栄養化が進行すると、植物プランクトンが異常に増えて湖水表面が変色することがある。この現象を(h)という。

問 1 文中の(a)～(h)に最も適する語句を次の語群から選び、記号で答えなさい。

【語 群】

- | | | |
|----------|----------|----------|
| (ア) 成長量 | (イ) 少ない | (ウ) 消費者 |
| (エ) 化学合成 | (オ) 排泄量 | (カ) 独立栄養 |
| (キ) 青 潮 | (ク) 低 い | (ケ) 高 い |
| (コ) 従属栄養 | (サ) ネクトン | (シ) 補償深度 |
| (ス) 水の華 | (セ) 呼吸量 | (ソ) 多 い |
| (タ) 相対深度 | (チ) 細菌類 | (ツ) 純生産量 |

問 2 下線①に関して、植物プランクトンの生産量を測定するには、湖水のどの成分の濃度変化を調べるのが適当か、次の(1)～(5)から1つ選び、数字で答えなさい。

- (1) ナトリウムイオン(Na^+)
- (2) カルシウムイオン(Ca^{2+})
- (3) 溶存窒素(N_2)
- (4) 溶存酸素(O_2)
- (5) 有機物

問 3 下線②の記述のようになる理由を、120字以内で説明しなさい。ただし、次の語群の語句をそれぞれ1回以上使って説明しなさい。

【語 群】 光、 水温、 栄養塩類、 摂食

問 4 下線③の記述のようになる理由を、120字以内で説明しなさい。ただし、次の語群の語句をそれぞれ1回以上使って説明しなさい。

【語 群】 光、 水温、 栄養塩類、 摂食

問 5 湖の生態系に関して、次の(1)~(5)の文章のうち、正しいものを1つ選び、数字で答えなさい。

- (1) 植物プランクトンは、どの種類も光合成色素としてクロロフィルaを持っている。
- (2) 富栄養化すると生物量が増えるので、食物連鎖の栄養段階の数が増える。
- (3) ラン藻類(シアノバクテリア)はすべて単細胞であるが、ケイ藻類は単細胞と多細胞の種類がある。
- (4) 植物プランクトンの光合成色素は、赤色光をほとんど吸収しないが青紫光をよく吸収する。
- (5) 生態系のなかで、物質の循環に伴ってエネルギーも循環する。