

1

次の文章を読んで、以下の各問いに答えなさい。

植物はかつて、「土を食べて」生きていると考えられていた時期があった。1648年、医師であったヘルモン트는、鉢植えのヤナギに水だけを与えて成長させた。ヤナギは、5年間でおよそ70キログラム重量が増加したが、この間、鉢の中の土の重量はほとんど減少しなかった。この結果によりヘルモン트는、植物は水によって成長すると考えた。今日、私たちは、植物は水だけではなく、二酸化炭素(CO_2)を取り込んで有機物を合成することを知っている。植物のこの働きを(1)と呼んでいる。(1)にはエネルギーが必要であり、光エネルギーを用いる場合を(2)と呼んでいる。

それでは、植物は水、 CO_2 と光をどのように用いているのだろうか。1949年、ベンソンは植物を水を十分含む環境下で、(i)光なし、 CO_2 あり、(ii)光あり、 CO_2 なし、(iii)光なし、 CO_2 あり、という条件に順次変えていったとき、(i)から(ii)までは(2)が起こらないが、(ii)を経て(iii)になった時(2)が起こることを見いだした。このことは(A)ことを示している。

1957年、カル빈は放射性同位体である ^{14}C で標識した $^{14}\text{CO}_2$ を緑藻に与える実験を行った。緑藻は十分な光のもとで、炭素原子を5個含む分子(以下、 C_5 化合物)と3個含む分子(以下 C_3 化合物)を合成していることがわかった。そこで、光を与えない条件にしたところ、 C_3 化合物の濃度は増加し、 C_5 化合物の濃度は減少した。このことから、植物は光を用いて(3)から(4)を合成すると考えられた。一方、光を与え、 CO_2 を与えない条件に移したところ、 C_3 化合物の濃度は減少し、 C_5 化合物の濃度は増加した。このことから、植物は CO_2 を用いて(4)から(3)_(B)を合成することがわかる。以上よりカル빈は、一連の反応は(5)を形成していると考えた。

問1 文中の空欄(1)～(5)に当てはまる適切な言葉を答えなさい。

問2 文中の空欄(A)に当てはまる文章として最も適切なものを以下の中から選び、記号で答えなさい。

- (a) CO_2 を必要とする反応の後、光を用いて有機物が合成される
- (b) 光を必要とする反応の後、 CO_2 を用いて有機物が合成される
- (c) 水を必要とする反応の後、 CO_2 を用いて有機物が合成される
- (d) 光を必要とする反応の後、水を用いて有機物が合成される

問3 下線部(B)について、植物は光エネルギーと水から何を作ってこの反応に用いているか、反応に直接関わる物質を二つ答えなさい。また、この反応を行う葉緑体内の部位の名称を答えなさい。

問4 熱帯起源の植物であるサトウキビやトウモロコシなどは、大気中の CO_2 を効率よく固定する反応系を持っている。このため下線部(B)の反応に高濃度の CO_2 を供給することができる。このような植物は何と呼ばれているか答えなさい。

4

次の文章を読んで、以下の各問いに答えなさい。

肺炎球菌（肺炎双球菌）は肺炎、中耳炎、髄膜炎の原因として重要な細菌である。肺炎球菌は荚膜^{きょうまく}と呼ばれる構造を持つS型菌だけが病原性を持つ。荚膜を持たないR型菌は病原性を持たない。S型菌をマウスに注射するとマウスは発病して死ぬが、R型菌を注射してもマウスは死なない。また、R型菌、S型菌いずれもいったん煮沸して菌を殺してしまうと、これらをマウスに注射してもマウスが死ぬことはない。1928年、英国のグリフィスは、煮沸して殺したS⁽¹⁾型菌と生きたR型菌を混ぜてマウスに注射すると、マウスが発病して死ぬことを見いだした。

S型の肺炎球菌は、それぞれの菌の持つ荚膜の性質の違いを利用して分類することができる。それぞれの荚膜の型に対する抗体を含む動物血清（抗血清と呼ぶ）を、対応する型の菌と混ぜて培養すると、抗体と荚膜が反応して、荚膜は膨化（ふくらむこと）する。異なる型に対する抗血清ではこの反応は起きない。この分類は血清型あるいは荚膜型と呼ばれ、I、II、III型など多くの種類が知られている。

通常の培養で、突然変異によってS型菌がR型菌になったり、R型菌がS型菌になる頻度は非常に低いが、S型菌をそれぞれの血清型に対する抗血清とともに培養すると、荚膜を持たないR型菌が出現してくる。これはある種の突然変異が荚膜の発現を抑制し、生じたR型菌の生存に対して抗体の存在が有利に働くためと考えられている。このように、ある形質を持つ個体の生存に有利に働く要因を「選択圧」と呼ぶ。また、得られたR型菌をマウスに注射すると一定期間後マウスからまれにS型菌を検出することがある。これは、S型からR型に変異したのと逆の変異が起きてS型に戻ったもので復帰突然変異体と呼ばれる。マウスの生体内では病原性のあるS型の方が菌の生存に有利であり、このことが「選択圧」になるためと考えられている。このように、通常の条件では発生の頻度が非常に低い突然変異も、「選択圧」があると観察されやすくなる。

なお、血清型I、II、III型のS型菌から得たR型菌からは、それぞれ、I、II、III型の荚膜を持つ復帰突然変異体のみが得られ、他の血清型に変わることがない。I、II、III型のS型菌から得たR型菌は、血清型の区別に用いられ、荚膜を持たないが、それぞれ、I、II、III型のR型菌と呼んでいる。

1929年、英国のフレミングはアオカビからペニシリンを発見した。ペニシリンは細菌感染症の治療に用いられる抗生物質で肺炎球菌に対しても有効であったが、近年、ペニシリンが効かない「ペニシリン耐性肺炎球菌」が出現し、肺炎球菌による感染症治療の障害になっている。ペニシリン耐性肺炎球菌は、グリフィスが観察したのと同じ仕組みで、口の中などにいる他の細菌からペニシリンに対する抵抗性を与える「耐性遺伝子」を受け取ったためにペニシリンに耐性となったことが分かっている。

問1 グリフィスが下線部(1)の実験で発見した現象を何と呼ぶか答えなさい。

問2 下線部(1)が起こった理由について検討するため、グリフィスは、煮沸して殺したⅢ型のS型菌と生きたⅡ型のR型菌を混ぜてマウスに注射した。マウスは発病して死に、体内から見つかった生きたS型菌の血清型は(A)型であった。

- a. 文中の空欄(A)に入る適切な語句を答えなさい。
- b. 下線部(2)の実験によって、グリフィスはどのような可能性を否定しようとしたのか。句読点を含めて30字以内で説明しなさい。
- c. マウスが死んだのはなぜか。句読点を含めて60字以内で説明しなさい。

問3 通常の条件では、肺炎球菌が他の細菌からペニシリン耐性遺伝子を受け取る頻度は非常に低い。近年、ペニシリン耐性肺炎球菌が問題となって来た理由について推測できることを、句読点を含めて35字以内で説明しなさい。

5

次の文章を読んで、以下の各問いに答えなさい。

ネコはヒトやマウスと同様に XY 型の性決定を行う。三毛猫は白・茶・黒の三色の体毛がまだら模様に見える日本猫である。ネコの体毛色は複数の対立遺伝子によって決定されるが、三毛猫の体毛色の決定に関わるのは次の表に挙げる 3 つの遺伝子である。大文字は優性遺伝子、小文字は劣性遺伝子を表す。

遺伝子名	遺伝子型	発現する体毛色
白色遺伝子	A a	他の遺伝子をすべて抑さえ込み、全身が白色になる 他の体毛色遺伝子発現に応じた色になる
茶・黒遺伝子	B b	茶色が発現する 茶色が発現せずに黒色が発現する
白まだら遺伝子	D d	白いまだら模様を作る まだら模様を作らない

白色遺伝子は他の遺伝子すべてに対して上位であるので、A の遺伝子を持った個体は白一色のネコになる。遺伝子 D は白いまだら模様を発現させる遺伝子であるが、優性ホモ接合体の場合には白色部が広くなり、ヘテロ接合体の場合では白まだらの部分が限定的になる。また、劣性ホモ接合体では白まだらは発現しない。このように対立遺伝子どうしの優劣関係がはっきりせず、ヘテロ接合体の表現型が優性ホモ接合体と劣性ホモ接合体の中間的な表現型を示す場合を（イ）優性という。白まだら遺伝子が劣性ホモ接合体の個体において、茶・黒遺伝子が優性ホモ接合体の場合は体毛色が茶一色になり、劣性ホモ接合体の場合は黒一色となる。しかし、茶・黒遺伝子がヘテロ接合体の場合には、体毛色は茶一色ではなく、また茶色と黒色の中間でもなく、茶色と黒色のまだら模様になる。すなわち、個体の中で優性遺伝子だけを発現する細胞と劣性遺伝子だけを発現する細胞の両方が存在する。したがって、三毛猫となるためには、表に挙げた 3 つの遺伝子型が（ロ）という組み合わせになった場合である。この茶・黒遺伝子が X 染色体上に存在していることから、まれな例外を除いて三毛猫の形質はメスにのみ現れる。また、三毛猫のまだら模様は個々のネコで異なり、同じ模様を示す 2 匹の三毛猫が存在する確率は極めて低い。

問1 次の設問に答えなさい。なお、遺伝子型は大文字と小文字を明確に区別すること。優性対立遺伝子と劣性対立遺伝子の両方が当てはまる場合は、その対立遺伝子を—と表記しなさい。例えば、AA と Aa の 2 つの遺伝子型のいずれも当てはまる場合の表記は、A/—とする。また、性染色体上にある茶・黒遺伝子の雄における遺伝子型の表記は、B, b, —のいずれかとする。

1. 文中の空欄（イ）と（ロ）に当てはまる適切な語句または遺伝子型を答えなさい。

2. オスの白猫とメスの三毛猫を交配して生まれてくる仔の $\frac{1}{16}$ が三毛猫となるような、親ネコの遺伝子型を答えなさい。なお、A と D は常染色体上の遺伝子で、互いに連鎖していない。

問2 下線①の現象を説明するために、以下のような実験を行った。この実験結果をふまえて設問に答えなさい。

- 実験1 緑色蛍光タンパク質遺伝子 (GFP) を第1染色体にホモ接合体になるように組み込んだオスマウスを作製した。また、赤色蛍光タンパク質遺伝子 (RFP) を第1染色体にホモ接合体になるように組み込んだメスマウスを作製した。
- 実験2 GFPを発現するオスマウスとRFPを発現するメスマウスを交配し、複数の仔を得た。雌雄それぞれの仔マウスから皮膚細胞を採取し、蛍光を観察した。その結果、全ての皮膚細胞は雌雄の区別なく個々の細胞がGFPとRFPの両方を発現するので黄色に観察された。
- 実験3 GFP遺伝子をX染色体に組み込んだオスマウスと、RFP遺伝子をX染色体にホモ接合体となるように組み込んだメスマウスを作製した。
- 実験4 実験3のマウスを交配し、得られた仔由来の皮膚細胞の蛍光を観察した。その結果、オスの仔の皮膚細胞はすべて赤色であったが、メスの仔の皮膚細胞は、緑色と赤色の細胞が混在しており、黄色の細胞は観察されなかった。また、緑色の細胞と赤色の細胞の存在比率は個々の仔マウスで異なっていた。

1. 実験の結果から、文中の下線①の理由を考察し、句読点を含めて40字以内で説明しなさい。
2. 仮に、茶・黒遺伝子が第1染色体にあった場合、三毛猫の遺伝子型を持ったメスネコの体毛色はどのようなか。予想される体毛色を下の(イ)～(ト)の中から選び、記号で答えなさい。

- (イ) 白色
- (ロ) 茶色
- (ハ) 黒色
- (ニ) 白色と茶色のまだら模様
- (ホ) 白色と黒色のまだら模様
- (ヘ) 茶色と黒色のまだら模様
- (ト) 白色と茶色と黒色のまだら模様

問3 三毛猫から採取した皮膚細胞を用いてクローンネコを作製した。生まれた仔は元の三毛猫とすべて同じ遺伝子セットを有しているにも関わらず、仔のまだら模様は元の三毛猫と異なるだけでなく、個々の仔のまだら模様もそれぞれ異なっていた。この結果をふまえて、文中の下線②の理由を考察し、句読点を含めて40字以内で説明しなさい。

問4 以下の文中の空欄(ハ)に当てはまる適切な文章を、句読点を含めて40字以内で記述しなさい。

ヒトにおいて、赤色の波長と緑色の波長を受容する色素タンパクの遺伝子はそれぞれX染色体上に存在する。その遺伝子に変異が生じた視細胞では、赤色の波長と緑色の波長を受容に異常があるために両色の識別が困難になる。この遺伝子異常は、正常遺伝子に対して劣性であるため、女性では赤緑色覚異常の原因遺伝子がホモ接合体の場合にのみ赤緑色覚異常になり、赤緑色覚異常の原因遺伝子が正常遺伝子とのヘテロ接合体である場合は正常な色覚になると説明される。しかし、三毛猫の毛色発現の例から、ヘテロ接合体の女性の視細胞を1つ1つ調べてみれば、(ハ)ことが推測できる。