

生 物

I 次の文章を読んで、問1～4に答えなさい。(配点18点)

生物はその生命を維持するために、外部環境との間で物質やエネルギーのやりとりを行っている。例えば、哺乳動物では組織・器官の細胞の大部分は外部環境と直接に接することはなく、血液、リンパ液、組織液などの を介して必要とする酸素や栄養素を受け取り、不要となった物質を排出している。また、外部環境が変化しても内部環境を一定に調節する性質である が発達している。

間脳の底部にある には体外および体内の各種の情報が集まり、その情報に基づいてホルモンや自律神経による調節が行われる。自律神経は内臓などに分布し、その働きによって と に区別される。これらの自律神経が同一の器官に作用するときは、 の末端からはノルアドレナリン、 の末端からはアセチルコリンが分泌され、これらの神経伝達物質はほぼ反対に作用する。また、ホルモンは特定の器官の細胞で作られ、血液中などに分泌され、特定の組織や標的細胞に作用し、生理的な調節を行う。⁽¹⁾

生体内ではホルモンと自律神経の両者が作用し、 を維持している。例えば、血液中のグルコース濃度(血糖値)は、食事、運動などによって変動するものの、ほぼ一定に維持されている。血糖値調節の仕組みについてみると、食事後の炭水化物の消化・吸収によって血糖値が上昇すると、その情報が直接、あるいは から を経て、すい臓の の 細胞に伝わり、インスリンの分泌が促進され、その結果として血糖値が平常に戻る。⁽²⁾逆に空腹、運動などによって血糖値が低下すると、その情報が伝えられた から を経て、アドレナリンの分泌が促されるのと同時に、直接すい臓の の 細胞からアドレナリンと同じ働きを持つグルカゴンが分泌され、血糖値が平常に戻る。

問1 空欄 ～ にあてはまる最も適切な語句を解答欄に記入しなさい。

問 2 下線部(1)の器官は一般的に何と呼ばれているか、解答欄に記入しなさい。

問 3 下線部(2)のインスリンによる血糖値低下の仕組みについて、50 字程度で具体的に述べなさい。

問 4 アドレナリンの場合と同一の器官から分泌され、アドレナリンと同様に血糖値の上昇作用を持つホルモンの名称を記入しなさい。また、そのホルモンによる血糖値上昇の仕組みについて、50 字程度で具体的に述べなさい。

Ⅱ 次の文章を読んで、問1～7に答えなさい。(配点18点)

太陽から放射され地表に到達する電磁波はおよそ300～3000 nmの波長を有し、そのうち400 nm以下のものは , 770 nm以上のものは , そしてその間の波長域のものは可視光と呼ばれる。植物が光エネルギーを吸収して エネルギーの通貨と呼ばれる物質 ⁽¹⁾ を生成する光合成の明反応では、可視光が利用される。可視光の中でも、特に有効に利用されるのは青色と赤色の波長域の光であり、相対的に緑～黄色の波長域での光合成効率は劣っている。

(2) 地表に到達する の中でも、波長の短いものほど細胞のDNAに損傷を与え突然変異を誘発する危険性が高い。近年、成層圏の の減少によって地表に到達する 量が増加しつつあり、動植物への影響が心配されている。一般に植物では、葉や花弁の表皮細胞中の に を吸収する色素であるアントシアンやフラボノイドを生成して、葉緑体を多く含む の細胞を保護し有害な から身を守っている。

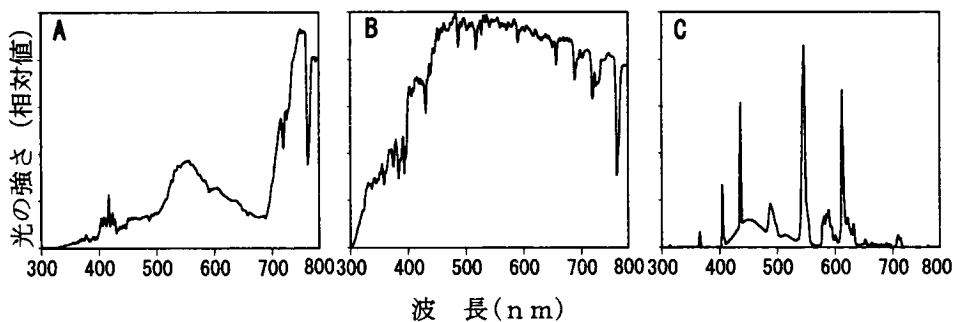
また、光は植物の生長だけではなく、発芽や形態形成においても重要な役割を演じている。例えば、レタスのある品種では、ヒマワリのような広くて大きな葉を透過した太陽光の下では種子の発芽が抑制され ⁽³⁾、さらに太陽光がまったく届かないような環境では発芽しないことが知られている。一方、ある種の植物は日長 ⁽⁴⁾ (昼の長さ) ⁽⁵⁾ の変化から季節を感知して花を咲かせる。このように、光をシグナルとして受容し発芽や開花現象などを制御するのは、自ら移動できない植物の環境に対する適応と見ることができる。

問1 空欄 ～ にあてはまる最も適切な語句を解答欄に記入しなさい。

問2 下線部(1)にあてはまる物質名を書きなさい。

問3 下線部(2)に関して、光合成の効率が劣る理由を50字程度で述べなさい。

問 4 下線部(3)のヒマワリの葉を透過した太陽光のスペクトルは、下図A～Cのどれに最も近いと考えられるか。記号で答えなさい。



問 5 下線部(4)のような性質を示す種子では、発芽のためにどのような種類の光を必要とするか。解答欄に記入しなさい。

問 6 下線部(5)に関して、日長が短くなるにつれ花芽形成が促進されるような性質を持った植物は何と呼ばれるか。解答欄(a)に記入しなさい。また、そのような植物は光の刺激を植物体のどの部位で感受するのか。解答欄(b)に記入しなさい。

問 7 下線部(3)(4)(5)のいずれの現象にも関連する光受容物質の名称を書きなさい。

Ⅲ 次の文章を読んで、問1～4に答えなさい。(配点20点)

遺伝子の本体はDNA⁽¹⁾であり、遺伝情報はDNAの塩基の連なりとして書き込まれている。このDNAを鋳型にして伝令RNAが転写され、その後伝令RNAはリボソームによって翻訳されタンパク質が合成される。合成されたタンパク質は細胞の内外でさまざまな働きをもつ。

分化した細胞の働きは細胞の種類ごとに大きく異なることが知られているが、これはそれぞれの細胞において異なる種類の遺伝子が働いて異なる種類のタンパク質がつくられるためである。また環境の変化に細胞が応答するときも特定のグループの遺伝子が働いている。このような応答は、最初に大腸菌においてラクトース(乳糖)⁽³⁾を分解する酵素をつくる遺伝子で調べられた。培地中にグルコースがある場合には大腸菌はこれをエネルギー源として用いており、ラクトース分解酵素はつくられない。ところが培地中のグルコースが消費されラクトースが残された状態になると、ラクトース分解酵素遺伝子が転写・翻訳されて酵素がつくられラクトースを分解できるようになる。一般には転写が開始される時プロモーターとよばれるDNAの配列にRNAポリメラーゼが結合して伝令RNAが合成される。ラクトースのない状態では分解酵素の遺伝子にはリプレッサーとよばれるタンパク質がプロモーター配列の近くに結合しているため、RNAポリメラーゼが結合できずに転写されない。ラクトースが存在する状態ではラクトースが変化した異性体がリプレッサータンパク質に結合してその働きを失わせるので、RNAポリメラーゼが転写を開始することができるようになる。これにより分解酵素が合成されラクトースを分解・代謝できるようになる。

問1 下線部(1)のDNAに関する以下の問(a)～(d)に答えなさい。

- (a) 大腸菌とバクテリオファージを用いてDNAが遺伝物質そのものであることを示した実験がある。この実験ではファージのタンパク質とDNAにそれぞれ同位体を用いて目印を付け、ファージを大腸菌に感染させている。目印を付けたタンパク質とDNAは感染後それぞれどこにみられたか。50字程度で説明しなさい。

- (b) DNA は塩基・単糖・リン酸が結合した基本単位が多数連なってできている。この基本単位は何と呼ばれるか。
- (c) DNA には 4 種類の塩基が含まれる。それらの塩基の名称をすべて略号を用いなくて答えなさい。
- (d) DNA から転写されてできる伝令 RNA では 3 個ずつの塩基配列(トリプレット)が 1 個のアミノ酸に対応している。この遺伝情報の単位を何というか。

問 2 下線部(2)のように分化した細胞の種類によって作られる主要タンパク質が異なってくるが、そのような細胞の種類と主要タンパク質の組合せの例を具体的に 2 組あげ解答欄に記入しなさい。

問 3 下線部(3)の酵素によってラクトース(乳糖)が分解されてできる 2 種類の単糖の名称を解答欄に記入しなさい。

問 4 ある物質 X を合成する酵素遺伝子 Y について考えてみよう。物質 X が細胞内である一定量以上合成されると、合成酵素遺伝子 Y の転写が抑えられる仕組みがあると仮定する。本文中のラクトース代謝調節の例を参考にしてその仕組みを考え、100 字程度で説明しなさい。なおこの説明には必ず「リプレッサー」という語を使いなさい。

IV 次の文章を読んで、問1～4に答えなさい。(配点19点)

19世紀のはじめ、生物が進化することを最初に述べたのは、フランスのラマルクであった。ラマルクは、生物が環境に適応して生活するうち、よく使う器官を発達させ、その形質が子孫に伝えられるという を提唱した。その後、ピーグル号で世界一周の旅を行ったイギリスのダーウィンは、この航海で多様な生物を観察して得た結果などをもとに、自然選択説を発表し、1859年に著書 を刊行した。一方、遺伝学の分野では1900年の「 の再発見」に続き、ド・フリースはまれに起こる遺伝的変異が進化の要因となるという突然変異説を提唱した。またこの頃、ハーディ・ワインベルグの法則が発表され、⁽¹⁾集団遺伝学の基礎が築かれた。

進化の証拠は、化石の形態や出現時期、現存する生物の形態や発生過程などを調べることにより認識できる。例えば、 のようなハ虫類から鳥類への進化を示す中間段階の化石がある。また、「生きている化石と呼ばれる生物には、異なる生物群の中間的な状態を示すと考えられるものがある。⁽²⁾例えば、イチョウやソテツは裸子植物に分類されているが、シダ植物のように運動性の をつくる。古生代の中頃、陸上に進出した生物は乾燥に耐えるしくみを発達させ、中生代には種子をつくる裸子植物や、硬い卵の殻と に包まれた胚^{はい}をつくり、厚い皮膚を持つハ虫類が栄えた。新生代になり、^{はいしゆ}胚珠が に包まれてより乾燥に適応した被子植物と、毛や羽毛を持つ哺乳類や鳥類が繁栄した。

異なる生物種間の相互関係は、生物の多様化に重要な役割を果たしてきた。例えば、アブラムシはアリの餌となる甘露を分泌し、アリによって捕食者から保護されるという相利共生関係を持ち、互いに生存や繁殖に影響を及ぼしあいながら、共に進化を遂げてきた。新生代における被子植物の爆発的な繁栄と多様化には、昆虫、鳥類や哺乳類との相利共生関係に基づく共進化が重要な役割を果たしたと考えられている。⁽³⁾

ダーウィン以後、進化論は遺伝学や地質学などさまざまな分野の研究成果をとり入れて発展してきた。現代の進化総合説では、突然変異・自然選択・ が主な要因となって新しい種ができると考えられている。しかし、進化の証拠が示すハ虫類から鳥類への進化といった大幅な体の構造の変化を現代の進化論で説明できるかどうかは、今後の問題として残される。

問 1 空欄 ア ~ ク にあてはまる最も適切な語句を解答欄に記入しなさい。

問 2 下線部(1)の法則が成り立つ 2 倍体生物の集団において、対立遺伝子 A と a の遺伝子頻度をそれぞれ p と q ($p + q = 1$) とすると、配偶子が A を持つ確率は p 、a を持つ確率は q である。以下の小問(a)と(b)に答えなさい。なお、解答は小数点第 3 位以下を切り捨てなさい。

(a) 集団 X の 400 個体を調べたところ遺伝子型 aa を示すものが 16 個体あった。この結果をもとに集団 X における対立遺伝子 A の遺伝子頻度 p の値を求めなさい。

(b) この集団 X において遺伝子型 aa を示すものが完全に取り除かれた場合、次世代における対立遺伝子 A の遺伝子頻度 p' の値を求めなさい。

問 3 下線部(2)に相当するような例として、イチョウやソテツ以外の生物名をひとつあげ、解答欄(a)に記入しなさい。さらに、それがどのような生物の中間的な状態であるか、該当する生物群の名前を 2 つあげ、解答欄(b)と(c)にそれぞれ記入しなさい。

問 4 下線部(3)に示した、被子植物と動物における相利共生関係にはどのようなものがあるか、本文中のアリとアブラムシの関係を参考にして、例をひとつあげ、40 字程度で述べなさい。