

'22

前期日程

生 物

(理 工 学 部)

注 意 事 項

全問題(①から④)を解答してください。

1. 試験開始の合図があるまで、問題冊子を開いてはいけません。
2. この冊子のページ数は33ページです。問題に落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所等があった場合にはすぐに申し出てください。
3. 解答は指定の解答用紙に記入してください。
4. 下書きには問題冊子の余白を利用してください。
5. 解答用紙を持ち帰ってはいけません。
6. 問題冊子は持ち帰ってください。

1

(1) 次の文章を読んで、問1～問5の答を解答欄に記入せよ。

眼は、光を受容する器官である。眼に入った光は、まず を透過し、瞳孔から眼球内部に進入し、レンズのはたらきをもつ と、その後方の眼球内を満たす を透過して、^a 2種類の視細胞が存在する網膜に像を結ぶ。光を受容した視細胞からの情報は、 に伝わり、その軸索によって大脳へ伝えられる。網膜全体の の軸索は、1ヶ所に集まり束になって網膜を内から外へと貫いており、その場所では視細胞がなく光を受容されない。

外界の明暗が変化すると、眼に入る光の量を調節するため、無意識に瞳孔の大きさが変化する。この調節は、瞳孔を取り囲む の中に存在する筋肉のはたらきによる。実際には瞳孔の大きさの変化だけでは外界の幅広い明るさに対応できないため、視細胞において光を吸収する色素(視物質)の量による感度の調節も行われる。暗い場所では視物質があまり分解されずに次第に蓄積されるため、暗い場所におよそ10分以上いると、弱い光に対する感度が大きく上昇する。^d

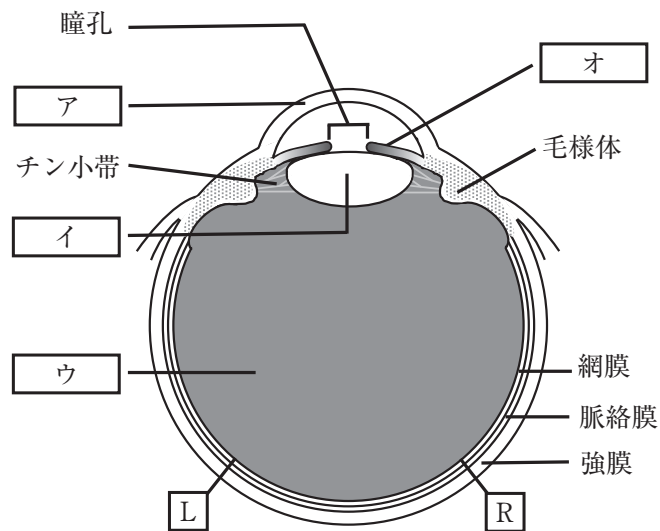


図1 眼球の模式図(右眼の水平断片を上から見た図)

ア ~ オ は問題文中の空欄と対応するが、エ は図中に示されていない。L と R は図2の L と R の位置に対応する。

問1 図1に示した眼球の模式図を参考にして、空欄 ア ~ オ にあてはまる適切な語句を記せ。

問2 下線部 a について、焦点の位置を合わせるときに イ の厚さを調節するしくみの説明として、正しいものを次の①~⑤の中から1つ選び、記号で答えよ。

- ① 毛様筋が収縮し、チン小帯が緊張することで厚くなり、近くに焦点が合う。
- ② 毛様筋が収縮し、チン小帯が緩むことで厚くなり、近くに焦点が合う。
- ③ 毛様筋が収縮し、チン小帯が緊張することで薄くなり、遠くに焦点が合う。
- ④ 毛様筋が弛緩し、チン小帯が緩むことで薄くなり、遠くに焦点が合う。
- ⑤ 毛様筋が弛緩し、チン小帯が緊張することで厚くなり、近くに焦点が合う。

問 3 下線部bについて、網膜上の2種類の視細胞の密度分布を図2に示した。図2の **L** から **R** の横軸の位置は、図1の **L** から **R** の眼球にそった位置に対応する。

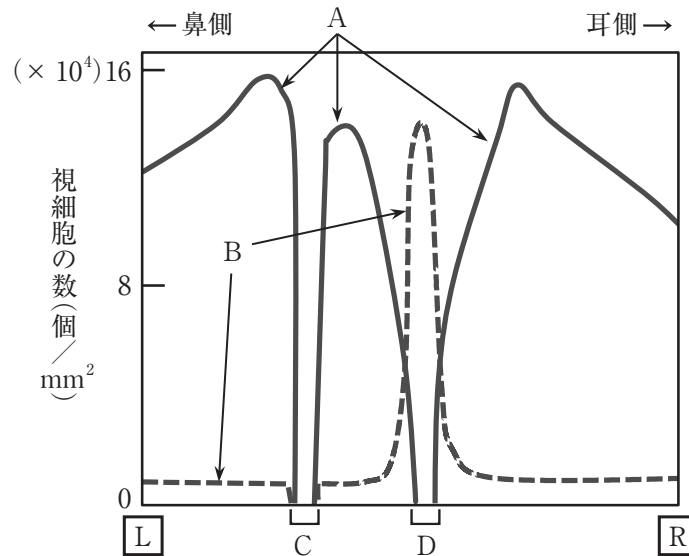


図2 視細胞の分布

- (i) 実線Aと破線Bは細胞の分布を示しているが、それぞれ何と呼ぶ細胞か、その名称を答えよ。
- (ii) C, Dは網膜上の特徴的な場所に相当するが、それぞれ何と呼ぶか、その名称を答えよ。

問 4 下線部 c について，瞳孔反射のしくみの説明として，正しいものを次の

①～⑥の中からすべて選び，記号で答えよ。

- ① 運動神経のはたらきにより，明所では輪状に分布する筋肉が収縮することで瞳孔が縮小する。
- ② 運動神経のはたらきにより，暗所では放射状に分布する筋肉が収縮することで瞳孔が拡大する。
- ③ 運動神経のはたらきにより，暗所では放射状に分布する筋肉が弛緩することで瞳孔が拡大する。
- ④ 自律神経のはたらきにより，明所では輪状に分布する筋肉が収縮することで瞳孔が縮小する。
- ⑤ 自律神経のはたらきにより，暗所では放射状に分布する筋肉が収縮することで瞳孔が拡大する。
- ⑥ 自律神経のはたらきにより，暗所では放射状に分布する筋肉が弛緩することで瞳孔が拡大する。

問 5 下線部 d について，次の問に答えよ。

- (i) この現象を何と呼ぶか，その名称を答えよ。
- (ii) この現象に重要な視物質を何と呼ぶか，その名称を答えよ。
- (iii) 視物質を構成する成分のうち，光を吸収すると化学構造が変化し，結合していたタンパク質から遊離する物質を何と呼ぶか，その名称を答えよ。

(2) 次の文章を読んで、問1～問8の答を解答欄に記入せよ。

中枢神経系の一部である は視床と視床下部に分けられ、視床下部が自律神経やホルモン分泌の調節に重要な役割を果たしている。たとえば体温の変化は視床下部で感知され、その情報は視床下部とつながっている脳下垂体へ送られる。脳下垂体は前葉と後葉に分けられ、前葉と後葉では視床下部からの情報の伝達経路が異なっている。

視床下部と脳下垂体前葉の間の経路では、視床下部の 細胞から毛細血管に分泌されたホルモンが脳下垂体前葉まで血流により運ばれて前葉の細胞を刺激することで、別のホルモンの分泌を調節している。甲状腺刺激ホルモンはこのようなくみで脳下垂体前葉から分泌される。また、視床下部と脳下垂体後葉の間の経路では、視床下部の 細胞でつくられたホルモンが細胞内を脳下垂体後葉まで運ばれて毛細血管中に分泌されることによって情報が伝達されている。

甲状腺刺激ホルモンが脳下垂体前葉から分泌されると、このホルモンは血流により甲状腺に達して、甲状腺を刺激することによりチロキシンの分泌を促進する。このようなくみは、哺乳類の脳下垂体や甲状腺を除去した実験などから明らかになった。さらに、血液中にチロキシンを注入すると、甲状腺刺激ホルモンの分泌が抑制されることがわかった。これは甲状腺から分泌されるチロキシンが、その分泌を調節する視床下部や脳下垂体前葉に抑制作用を及ぼすためである。

問1 空欄 と にあてはまる適切な語句を記せ。

問 2 図1はヒトの視床下部とそれにつながる脳下垂体を示した略図である。

次の(i)~(iii)に相当する部分はどこか、相当する部分が黒く塗りつぶされている図として最も適切なものを図1の①~⑨の中からそれぞれ1つ選び、記号で答えよ。なお、相当する部分がすべて塗りつぶされていて、相当しない部分は塗りつぶされていない図を選ぶこと。

(i) 脳下垂体前葉

(ii) 血管

(iii) 問1の イ 細胞

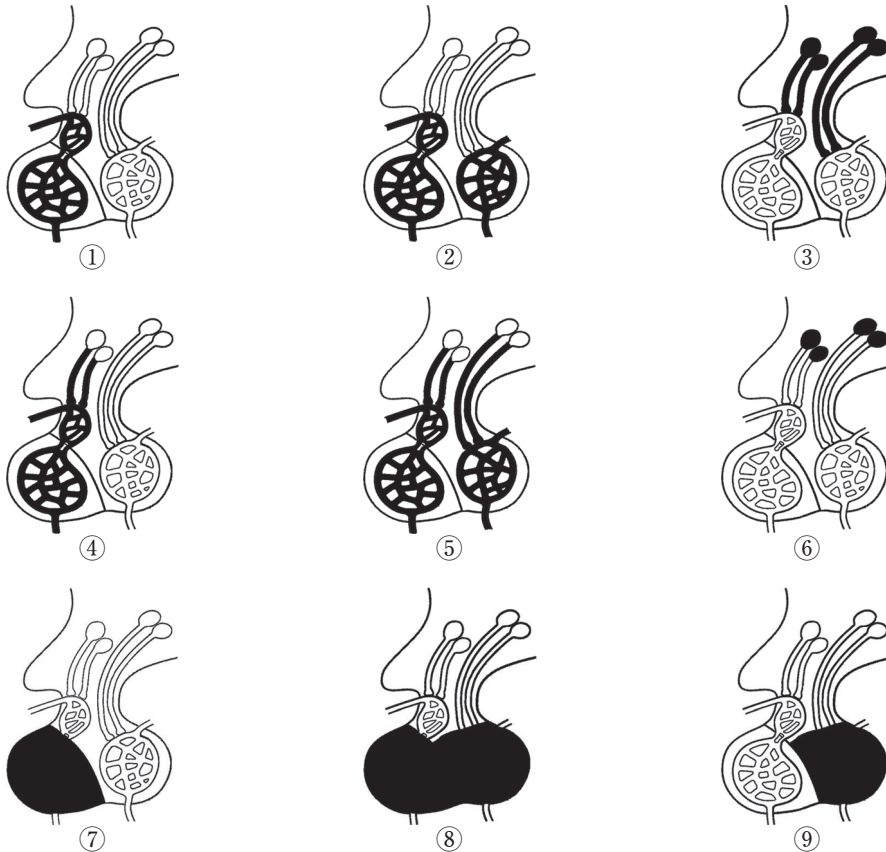


図1 ヒトの視床下部と脳下垂体の略図

問 3 ヒトの甲状腺を表す図として最も適切なものを，図2の①～⑨の中から1つ選び，記号で答えよ。

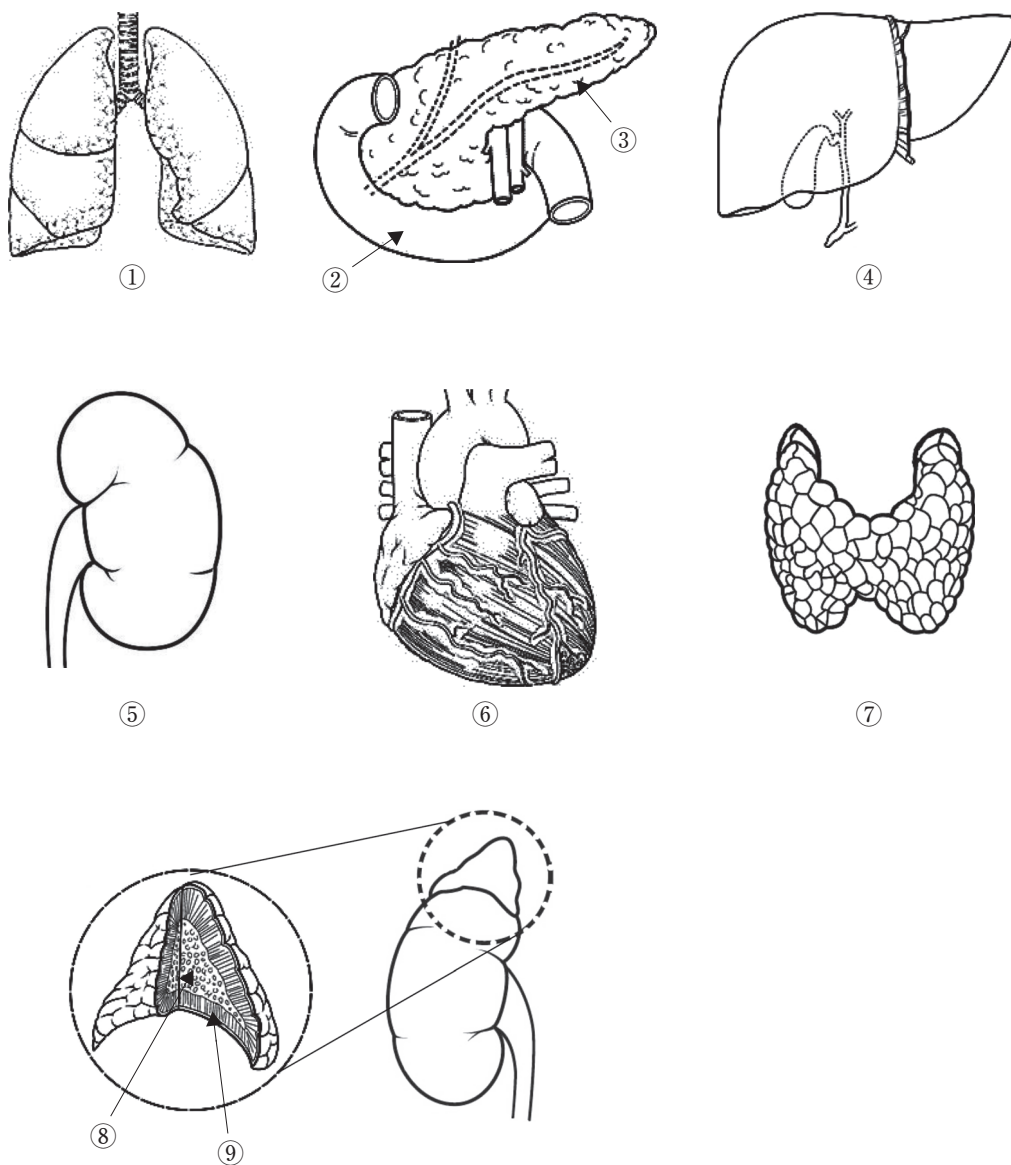


図2 ヒトの臓器や内分泌器官の略図
(縮尺は臓器や内分泌器官によって異なる)

問 4 下線部 a と同じしくみで分泌される刺激ホルモンの情報を受け取る甲状腺以外の内分泌器官はどれか，図 2 の①～⑨の中からあてはまるものを 1 つ選び，記号で答えよ。

問 5 下線部 b と同じしくみで分泌されるホルモンの名称を 1 つ挙げて，そのはたらきを 10 字程度で説明せよ。

問 6 下線部 c のチロキシンは，通常のアミノ酸には含まれない元素を含んでいる。その元素は何か，その名称を答えよ。

問 7 下線部 d に関して，以下の問に答えよ。

(i) マウスの甲状腺を除去するとチロキシンが分泌されなくなるが，これによりどのような症状が観察されるか，1 例を 10 字程度で説明せよ。

(ii) マウスから脳下垂体を除去すると，甲状腺の機能が低下して甲状腺を除去した時と同じような症状となる。これが脳下垂体を失ったためであることを証明するためには，マウスに何を注射した後にどのようなことが起こればよいのか，35 字程度で説明せよ。

問 8 下線部 e のように，最終産物や最終的な効果が調節する段階に戻って作用を及ぼす調節機構を何と呼ぶか，その名称を答えよ。

2

(1) 次の文章を読んで、問1～問7の答を解答欄に記入せよ。

細胞が分裂する際には、DNAのもつ遺伝情報は、分裂した2個の娘細胞に正確に伝えられる必要がある。このときに、元のDNAと同じ塩基配列をもつDNAがつくられる過程を、DNAの という。DNAの は、 起点と呼ばれる特定の場所から開始される。次に という酵素によって相補的塩基対の 結合が切れ、部分的に1本ずつのヌクレオチド鎖に分かれた後、相補的な塩基配列をもつヌクレオチド鎖が新しく合成される。一方、DNAの遺伝情報からタンパク質が合成されることを、遺伝子の発現という。この場合、まず DNAの遺伝情報がmRNAの配列に写しとられ、さらにその情報をもとにタンパク質が^aつくられる。このmRNAの情報をもとにタンパク質が合成される過程は と呼ばれる。

真核生物のDNAはヒストンに巻きついて、ヌクレオソームを形成している。ヌクレオソームのつながりは折りたたまれクロマチン繊維となり、これがさらに折りたたまれてさまざまな高次構造を形成する。その高次構造の状態は、それぞれの染色体、また、1本の染色体の中でも場所によって異なり、さらに 細胞周期によっても変化する。クロマチン繊維の高次構造が緩んでいる部分では、転写に必須な酵素とプロモーターに結合して転写開始を助けるタンパク質が^c、DNAに結合できる状態となっ^dている。したがって、このような部分では、遺伝子の転写が活発に行われていると考えられる。一方、高次構造が緩んでいない部分^eに含まれる遺伝子の転写は抑制されている。

問1 空欄 ～ にあてはまる適切な語句を記せ。

問 2 ヒトの体細胞の場合， G_1 期の細胞1個の核に含まれるすべてのDNAをつなぎあわせ直線にすると，何メートルになるか，小数第一位まで計算して答えよ。また，その計算過程も示せ。DNAの塩基対の間の距離は0.30 nm，ヒトの精子に含まれているDNAに含まれる塩基対は30億塩基対としてよい。なお， $1\text{ nm} = 1 \times 10^{-9}\text{ m}$ である。

問 3 下線部 a に関して，以下の間に答えよ。ただし，ヒトのゲノムサイズは30億塩基対，ゲノム上におけるタンパク質の情報をもつ遺伝子は2万個，タンパク質の平均分子量を90,000，タンパク質を構成するアミノ酸1個の平均分子量を100と仮定する。また，DNAの一方の鎖だけが端から端まで遺伝子として機能している，遺伝子どうしは重なり合わない，選択的スプライシングは起きない，とする。

(i) タンパク質の平均分子量から考えて，1つのタンパク質は平均何個のアミノ酸からなるか，計算して整数で答えよ。ただし，計算の際にペプチド結合の形成によって失われる水分子の分子量は考慮しなくてもよい。

(ii) (i)の結果から，タンパク質のアミノ酸配列の情報をもつDNA部分の平均塩基対数を，計算して整数で答えよ。

(iii) (ii)の結果から，ヒトのゲノムでは実際にタンパク質のアミノ酸配列の情報をもつDNA部分は全体の何パーセントに相当することになるか，小数第一位まで計算して答えよ。

問 4 下線部 b に関して，次の細胞周期の中で DNA の凝集の程度が最も高い時期はどれか，次の①～④の中から 1 つ選び，記号で答えよ。

- ① S 期
- ② G₀ 期
- ③ G₁ 期
- ④ M 期

問 5 下線部 c の酵素および下線部 d のタンパク質はそれぞれ何か，その名称を答えよ。

問 6 真核生物の遺伝子発現には，下線部 c の酵素および下線部 d のタンパク質の他に，調節タンパク質が重要な役割をもっている。真核生物の調節タンパク質に関して，誤った記述を次の①～⑤の中から 1 つ選び，記号で答えよ。

- ① 調節タンパク質が結合する転写調節領域は，プロモーターや遺伝子から数百塩基対以上離れた領域に位置することがある。
- ② 調節タンパク質は核内の DNA にはたらくため，核内で合成されることがある。
- ③ 1 つの遺伝子が複数の調節タンパク質により調節を受けることがある。
- ④ 1 つの調節タンパク質が，複数の遺伝子の転写調節に関わることがある。
- ⑤ 調節タンパク質の発現が，別の種類の調節タンパク質によって制御されることがある。

問 7 下線部 e のような領域で見られる特徴として、適切なものはどれか。次の①～⑤の中からすべて選び、記号で答えよ。

- ① ヒストンと DNA との結合がみられない。
- ② ヒストンにアセチル基による化学修飾が少ない。
- ③ DNA が切断されている。
- ④ 逆転写が起きている。
- ⑤ DNA ポリメラーゼが結合している。

(2) 次の文章を読んで、問1～問5の答を解答欄に記入せよ。

ある遺伝子を人工的に切り取り、別のDNAに連結して、他の生物の細胞に導入することを遺伝子組換えという。遺伝子組換えを行うには、核酸の抽出、DNA断片の調製と連結、細胞への導入、などを行う技術が必要となる。大腸菌は自身のゲノムDNAとは別に、独立して増殖するプラスミドと呼ばれる小さな環状のDNAをもっており、これを遺伝子組換えの際のベクター(運び屋)として利用することが多い。また、このようなベクターを用いて、真核生物のタンパク質を大腸菌で生産させる実験もよく行われる。^a

紫外線を照射すると緑色の蛍光を発する、ある真核生物の緑色蛍光タンパク質(GFP)を大腸菌で生産する実験を行うため、GFPの遺伝子をプロモーター近傍に組みこんだ約3,700塩基対(bp)からなるプラスミドDNAを作製した(図1)。そのためにまず、GFPをもつ真核生物の細胞からRNAを抽出した。次に、逆転写酵素とチミン(T)を塩基とするヌクレオチドが20個つながった一本鎖DNAをプライマーとして用いて、mRNAに相補的なDNA(cDNA)を合成した。さらに、このcDNAを鋳型としてポリメラーゼ連鎖反応法(PCR法)により、GFPの遺伝子を含む約700bpのcDNA断片を増幅した。得られたcDNA断片およびそれを組みこむためのプラスミドをそれぞれ制限酵素EcoRIで切断した。この切断反応後に生じたcDNA断片の塩基対数は約700bpであった。なお、この約700bpのcDNA断片にはGFPの全長のアミノ酸配列に対応する遺伝情報がすべて含まれていること、その中には制限酵素NdeIの認識配列が1ヶ所しか存在しないこと、プラスミドには制限酵素EcoRIとNdeIの認識配列はそれぞれ1ヶ所しか存在しないことが確認されている。最後に、この2種類のDNA断片を混合し、DNAリガーゼを使ってプラスミドのプロモーターの近傍にあるEcoRI切断部位へのGFPの遺伝子を連結を試み、大腸菌に導入した。この大腸菌をプラスミドに含まれる抗生物質耐性遺伝子に対応した選択培地で培養することで、プラスミドが導入された大腸菌のコロニーを得た。これらのうち3つのコロニー(A～C)を単離し、培養してから大腸菌でGFPが生産されているかどうかを確認したところ、

コロニー A の大腸菌にのみ GFP の蛍光が確認された。この結果が得られた理由を検討するために、各コロニー (A ~ C) を培養し、大腸菌から精製したプラスミドを、(i)制限酵素 EcoRI のみ、(ii)制限酵素 Nde I のみ、(iii)EcoRI と Nde I の両方、で切断した 3 つの試料を作製して、アガロースゲルを用いた電気泳動により DNA 断片を分離・分析した(図 2)。

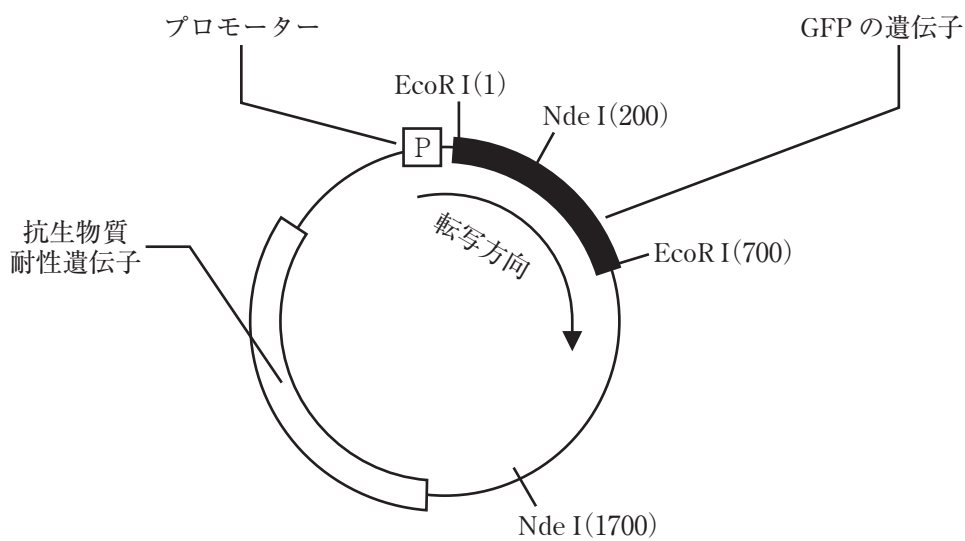


図 1 実験で作製した GFP を発現するプラスミド DNA の概略図

図中の「EcoRI」および「Nde I」は制限酵素のそれぞれの認識配列の位置が示されている。「EcoRI」および「Nde I」の後ろのカッコ内に示されている数字は、プロモーター (P) に近い EcoRI の認識配列からのおおよその塩基数を示したものである。制限酵素 EcoRI および Nde I の認識配列の位置はすべてこの図に示されている。図中のプロモーターによって GFP の遺伝子が転写される。

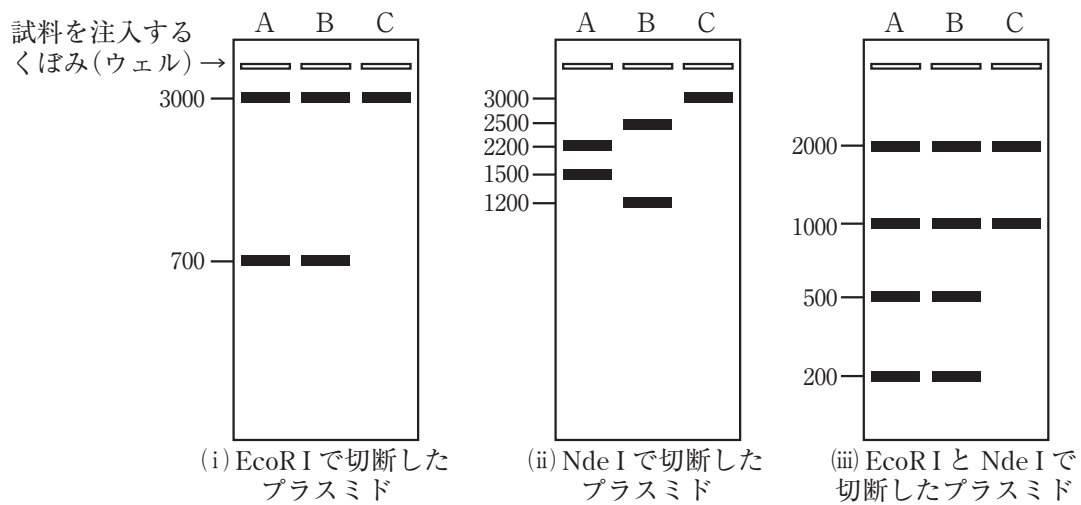


図2 アガロースゲル電気泳動の結果

各コロニー(A~C)から精製したプラスミドDNAを各制限酵素で処理し、分離・分析した。それぞれの結果の左側に書かれた数字は、DNA断片のおおよその塩基対数を示す。

問1 下線部aに関して、大腸菌で真核生物のタンパク質を生産させることができるのは、大腸菌と真核生物の細胞でさまざまな共通点があるためである。それらの共通点として、誤った記述はどれか、次の①~⑤の中から2つ選び、記号で答えよ。

- ① 大腸菌でも真核生物でも、セントラルドグマの原則は同じである。
- ② 大腸菌でも真核生物でも、1つの遺伝子からは1つのmRNAだけが転写される点は同じである。
- ③ 大腸菌でも真核生物でも、タンパク質の合成に使われるアミノ酸の種類は同じである。
- ④ 大腸菌でも真核生物でも、一部の例外を除いて遺伝暗号は同じである。
- ⑤ 大腸菌でも真核生物でも、1つの遺伝子には1つの転写調節領域だけがある点は同じである。

問 2 下線部 b に関して、真核生物の mRNA を用いて cDNA を合成する際に、チミンを塩基とするヌクレオチドがつながったプライマーを用いるのはなぜか。真核生物の mRNA の構造の特徴にもとづいて、30 字程度で説明せよ。

問 3 下線部 c に関して、ある真核生物の GFP を大腸菌内で合成するために必要な cDNA 断片を増幅するためには、PCR 法の鋳型としてその真核生物のゲノム DNA ではなく、mRNA を用いて得られた cDNA を鋳型としなければならない。その理由を真核生物のゲノム DNA 上の遺伝子構造の特徴にもとづいて、35 字程度で説明せよ。

問 4 下線部 d に関して、遺伝子組換え実験の際のベクターとして、抗生物質耐性遺伝子をもったプラスミドを使用することが多い。抗生物質耐性遺伝子に対応した選択培地で培養し、コロニー形成をさせる理由を、40 字程度で説明せよ。

問 5 下線部 e に関して，アガロースゲル電気泳動は，電圧を加えたアガロースゲルの中を DNA 断片が移動する速度がその大きさによって異なることを利用した分析法である。図 2 について以下の問に答えよ。

(i) 図 2 の電気泳動における電極の位置や DNA 断片が泳動する向きを説明する記述として，適切なものを次の①～④の中から 1 つ選び，記号で答えよ。

- ① 上が+極，下が-極，DNA に含まれる塩基が正の電荷をもつため，-極に向かって移動する。
- ② 上が-極，下が+極，DNA に含まれるリン酸基が負の電荷をもつため，+極に向かって移動する。
- ③ 上が+極，下が-極，DNA に含まれるリン酸基が正の電荷をもつため，-極に向かって移動する。
- ④ 上が-極，下が+極，DNA に含まれる塩基が負の電荷をもつため，+極に向かって移動する。

(ii) 図 2 の結果から，コロニー B とコロニー C の大腸菌では GFP の蛍光が確認できなかった理由としてそれぞれ考えられるものを次の①～④の中から 1 つ選び，記号で答えよ。

- ① プラスミドには GFP の遺伝子が挿入されていなかった。
- ② プラスミドには GFP の遺伝子が正しく転写される方向とは逆の方向に挿入されていた。
- ③ プラスミドは大腸菌に取り込まれていなかった。
- ④ プラスミドには複数の GFP の遺伝子が挿入されていた。

3

(1) 次の文章を読んで、問1～問6の答を解答欄に記入せよ。

動物の発生は、受精から始まる。ウニでは、精子が未受精卵の に含まれる物質に反応すると、 が壊れて内容物が放出されるとともに精子の先端に突起が形成される。その突起が卵の細胞膜と接触すると、卵の細胞質内でカルシウムイオン濃度が高まる。すると、 の内容物が卵黄膜の内側に放出されて ができる。 には、卵を保護したり他の精子の進入を防いだりする役割がある。この後、染色体数 n の卵と精子の核が融合して染色体数は $2n$ となり、受精が完了する。 受精卵は細胞分裂を開始し、細胞数を増加させる。発生初期に見られるこのような細胞分裂を と呼ぶ。 さまざまな生物の の様式は、卵に含まれる卵黄 ^a _b ^c など、発生に必要な成分の量や分布によって異なる。

問1 空欄 ～ にあてはまる適切な語句を記せ。

問2 下線部 a とは逆に、染色体数 $2n$ の細胞から染色体数 n の卵と精子をつくるための細胞分裂は何と呼ばれる分裂か、その名称を答えよ。

問3 体細胞の染色体構成が $2n = 6$ 本の生物からつくられた配偶子の、核に含まれる染色体の組み合わせには何通りの多様性が可能か、計算せよ。ただし、乗換えは起こらないと仮定し、数値で答えよ。

問4 下線部 b の細胞分裂は、通常の体細胞分裂と比較してどのように異なるか、2つ例をあげて、それぞれ10字程度で説明せよ。

問 5 下線部 c に関して，卵黄の分布により卵は異なる名称で呼ばれる。ウニ，カエル，シヨウジョウバエの卵はそれぞれ何と呼ばれるか，答えよ。また，ウニ，カエル，シヨウジョウバエの卵についての記述として最も適切なものを，次の①～⑥の中から1つずつ選び，記号で答えよ。なお，同じ記号を複数回選んではならない。

- ① 卵黄の分布に大きな偏りがなく，等割が見られる。
- ② 卵黄が偏って分布し，最初の分裂は赤道面で起こる。
- ③ 卵黄が卵の中央に集まっていて，等割が見られる。
- ④ 卵黄の分布に大きな偏りがなく，最初の分裂は赤道面で起こる。
- ⑤ 卵黄が偏って分布し，最初の分裂は動物極と植物極を通る面で起こる。
- ⑥ 卵黄が卵の中央に集まっていて，表割が見られる。

問 6 ウニの発生についての次の①～⑦の記述を読んで，発生過程の順に並べて記号で答えよ。ただし，解答用紙には既に①と⑦は正しい位置に書かれている。

- ① 陥入が進み，原腸ができる。
- ② 桑の実に似た形となり，内部にすきまができる。
- ③ 原腸の先端が外胚葉に接し，口ができる。
- ④ 植物極側の細胞が，陥入を始める。
- ⑤ 三胚葉の分化が明確になり，中胚葉から骨片ができ始める。
- ⑥ 繊毛ができ，ふ化する。
- ⑦ 口が開き，食物を摂取して成長する。

(2) 次の文章を読んで、問1～問8の答を解答欄に記入せよ。

皮膚の上皮組織の細胞は 結合、固定結合(接着結合、デスモソームなど)、ギャップ結合で細胞接着している。^a 結合は隣り合う細胞どうしを小さな分子も通れないほどしっかりと結合させるため、通常、正常な皮膚から病原体が侵入することはない。しかし皮膚が傷つき傷口から病原体が侵入すると、感染部位に常在するマクロファージが 作用によって、病原体を取り込んで分解する。さらに病原体を認識して活性化したマクロファージが付近の毛細血管にはたらきかけることで、さまざまな免疫細胞が感染部位に引き寄せられる。感染部位に集まったマクロファージや好中球は、 作用によって病原体を排除する。NK細胞はウイルスなどが侵入した感染細胞を攻撃して破壊する。^b 感染部位付近の毛細血管は して、血流量が増大するため、局所が赤くはれ、熱や痛みをもつ。

感染部位で病原体を取り込んだ樹状細胞は移動して、病原体の断片をナイーブT細胞に提示する。^c 提示された情報を認識したナイーブT細胞は特異的に活性化・増殖しヘルパーT細胞になり、特定のB細胞を活性化させ、それを^d へと分化させる。このようにして、適応免疫が開始される。^e
(ナイーブT細胞；抗原刺激をうけたことがなく、活性化される前のT細胞)

問1 空欄 ～ にあてはまる適切な語句を記せ。

問2 下線部 a の固定結合に関与する接着タンパク質を1つ挙げ、その名称を答えよ。

問 3 次の①～⑥は下線部 b の NK 細胞に関する記述である。この中で正しいものを 2 つ選び、記号で答えよ。

- ① がん細胞を攻撃・破壊することもできる。
- ② 自然免疫を担う細胞の 1 つである。
- ③ 抗体を産生する。
- ④ 白血球であるが、リンパ球ではない。
- ⑤ ヘルパー T 細胞に抗原提示することができる。
- ⑥ 抗原特異性の異なる細胞の集団であり、全体としてあらゆる病原体に対応することができる。

問 4 下線部 c の樹状細胞はどこに移動して、ナイーブ T 細胞と出会うのか、その器官を 1 つ挙げ、名称を答えよ。

問 5 下線部 d の過程で活性化されたヘルパー T 細胞によって、活性化される B 細胞を表す記述として最も適切なものを、次の①～⑥の中から 1 つ選び、記号で答えよ。

- ① このヘルパー T 細胞が最初に出会った B 細胞。
- ② このヘルパー T 細胞へ抗原提示することができる B 細胞。
- ③ 記憶細胞に分化した B 細胞。
- ④ 抗体遺伝子の再編成を起こしていない B 細胞。
- ⑤ 血管・リンパ管系を循環している B 細胞。
- ⑥ 自己と反応しない抗体を産生する B 細胞。

問 6 下線部 e に関して，種類の異なる A，B，C のマウスを用いた実験で観察される現象(i)~(iii)は何と呼ばれているのか，答えよ。なお，Cは生まれつき胸腺を欠損したヌードマウスであり，A，B，Cはそれぞれ異なる MHC を持つことがわかっている。

- (i) A のマウスの皮膚片を切り出し，同じ個体の異なる部位に移植すると皮膚片は定着する，という現象。
- (ii) 1 回目の移植として A のマウスの皮膚片を B のマウスに移植すると皮膚片は脱落する。この B のマウスに再び 2 回目の移植として A のマウスの皮膚片を移植すると激しい拒絶反応が起こり，1 回目より早く脱落する，という現象。
- (iii) A のマウスの皮膚片を C のマウスに移植すると拒絶されずに定着する，という現象。

問 7 樹状細胞が病原体を認識するために用いるパターン認識受容体を 1 つ挙げ，その名称を答えよ。

問 8 死んだ結核菌とニワトリの卵のアルブミンと呼ばれるタンパク質を抗原として用いて、次の実験Ⅰ～Ⅲを行った。

【実験Ⅰ】

死んだ結核菌を単独でマウスに投与したところ、結核菌に特異的な T 細胞が活性化された。

【実験Ⅱ】

ニワトリの卵のアルブミンを単独でマウスに投与したところ、アルブミンに特異的な T 細胞は活性化されなかった。

【実験Ⅲ】

死んだ結核菌とニワトリの卵のアルブミンを混合してマウスに投与したところ、結核菌に特異的な T 細胞もアルブミンに特異的な T 細胞も活性化された。

これらの実験結果から誤っていると判断できるものを次の①～⑥の中から 2 つ選び、記号で答えよ。

- ① 死んだ結核菌は単独で樹状細胞を活性化させることができる。
- ② ニワトリの卵のアルブミンは単独では樹状細胞を活性化させることができない。
- ③ 死んだ結核菌由来のペプチドは、樹状細胞の MHC 分子と複合体をつくる。
- ④ ニワトリの卵のアルブミン由来のペプチドは、樹状細胞の MHC 分子と複合体をつくらない。
- ⑤ 結核菌に特異的な T 細胞は、未熟な段階で排除されない。
- ⑥ ニワトリの卵のアルブミンに特異的な T 細胞は、未熟な段階で排除される。

4

問1～問10の答を解答欄に記入せよ。ただし、問5と問6は実験Ⅰの、問7～問9は実験Ⅱの説明を読んで、答えること。

問1 植物は刺激を受けると屈性を示すことがある。光以外で植物に屈性を起こす刺激の例を1つ挙げて、屈性を起こす植物の部分の名称を屈性の方向とともに答えよ。ただし、屈性の方向については、刺激源の方向へ屈曲することを正の屈性とし、また、それと反対の方向への屈曲を負の屈性とする。

問2 環境変化の情報を伝えるしくみの中で、さまざまな植物ホルモンがはたらく。下記の表1中に示す植物ホルモンとそのはたらきについて、誤っているものを次の①～⑩の中からすべて選び、記号で答えよ。

表1 植物ホルモンのはたらき

植物ホルモン	主なはたらき
アブシシン酸	① 種子の休眠の維持 ② 種子の発芽の抑制 ③ 気孔の開口
オーキシシン	④ 細胞の成長の促進 ⑤ 花床の成長の促進 ⑥ 落葉・落果の促進
エチレン	⑦ 細胞の横方向への成長の促進 ⑧ 果実の成熟の促進 ⑨ 落葉・落果の促進
ジャスモン酸	⑩ 食害に対する応答

問 3 オーキシンが側芽の成長にあたえる影響を観察するための実験として、どのような実験が考えられるか。その実験の方法と予想される結果の記述として、最も適切なものを次の①～⑤の中から1つ選び、記号で答えよ。

- ① 頂芽を切断すると側芽の成長が抑制される。
- ② 頂芽を切断して切り口にオーキシンを含む寒天片を置くと側芽の成長が促進される。
- ③ 頂芽を切断して切り口にオーキシンを含む寒天片を置くと側芽の成長が抑制される。
- ④ 側芽上にオーキシンを含むガーゼを置くことによって側芽の成長が促進される。
- ⑤ オーキシンの極性移動を抑制する薬剤を含むガーゼを側芽上に置くことによって側芽の成長が抑制される。

問 4 エンドウの種子の発芽は光に依存しないが、レタスの種子は、吸水後に光を浴びることによって発芽が促進される。このような特性をもつエンドウとレタスの種子をそれぞれ何種子と呼ぶか、その名称を答えよ。また暗所で給水させたレタス種子が発芽すると考えられる処理を、次の①～⑤の中からすべて選び、記号で答えよ。

- ① 暗所に静置する。
- ② 赤色光を 24 時間照射したのち、再び暗所に静置する。
- ③ 遠赤色光を 24 時間照射したのち、再び暗所に静置する。
- ④ 赤色光を 24 時間照射したのち、さらに、遠赤色光を 24 時間照射してから、再び暗所に静置する。
- ⑤ 遠赤色光を 24 時間照射したのち、さらに、赤色光を 24 時間照射してから、再び暗所に静置する。

【実験 I】

ジベレリンの生合成を抑制する作用をもつ矮化剤^{わいか}アンシミドールを用いて、エンドウの茎の伸長成長に対するジベレリンの効果を調べる実験をおこなった。

実験操作

操作 I - 1 エンドウの種子を水道水で洗浄し、20 時間吸水させた。その後、吸水した種子を、水に浸した脱脂綿の上に広げて発根させた。

操作 I - 2 表 2 に示すように、2 種類の溶液の系列 A と B を作成した。

表 2 調製した培養液におけるアンシミドールとジベレリンの濃度

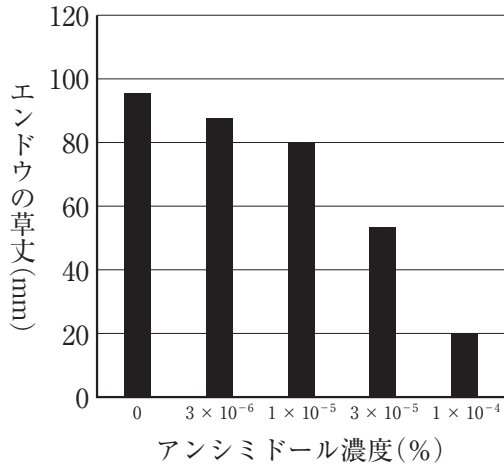
溶液 A	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅
アンシミドール (%)	0	3×10^{-6}	1×10^{-5}	3×10^{-5}	1×10^{-4}
ジベレリン (%)	0				

溶液 B	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅
アンシミドール (%)	3×10^{-5}				
ジベレリン (%)	0	1×10^{-5}	1×10^{-4}	1×10^{-3}	1×10^{-2}

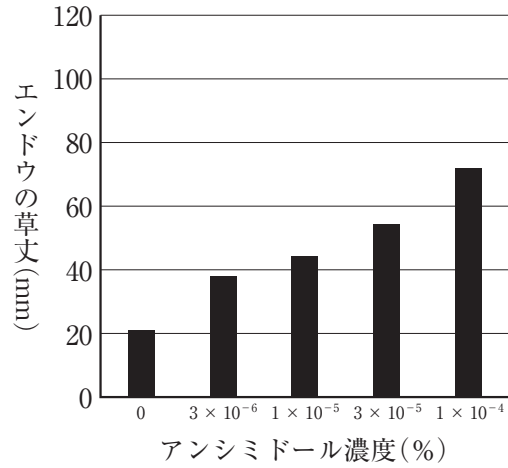
操作 I - 3 操作 I - 2 で調製した溶液をそれぞれ別の育成用容器に入れ、そこに根の長さのそろったエンドウを選んで、1 容器あたり 10 本ずつ保持ネットに差し込み、室内の蛍光灯の下に置いて成長させた。

操作 I - 4 一週間後、すべての個体のエンドウの草丈(子葉の付け根から頂芽までの長さ)を測定して、各溶液ごとの平均を求めた。

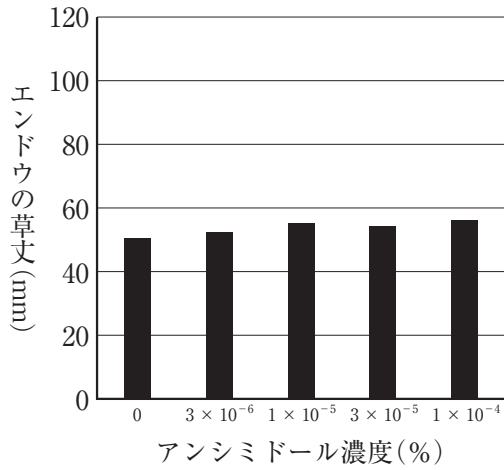
問 5 実験 I の溶液 A の系列を用いた実験結果について、アンシミドールの各濃度に対するエンドウの草丈の平均値を表した結果として、最も適切と思われるグラフを次の①～④の中から 1 つ選び、記号で答えよ。



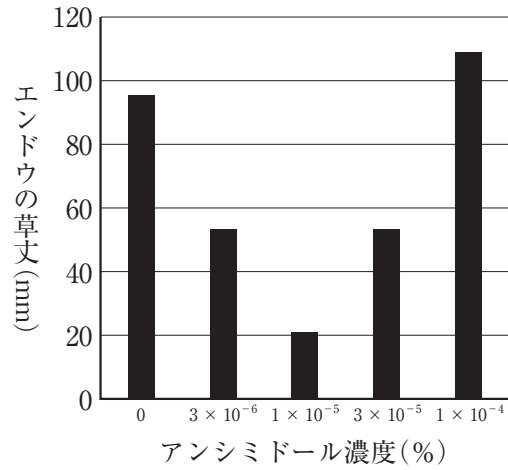
①



②



③



④

問 6 実験 I の溶液 B の系列を用いた実験結果について、エンドウの草丈の平均値を図 1 に示した。この結果は、一定量で混合しているアンシミドールに関係なく、ジベレリンの濃度依存的に生育が促進されることを示している。この結果からアンシミドールが何を阻害し、何を阻害しないのかを考察して、この結果が観察される理由について、【受容体】という語句を用いて 40 字程度で推察せよ。

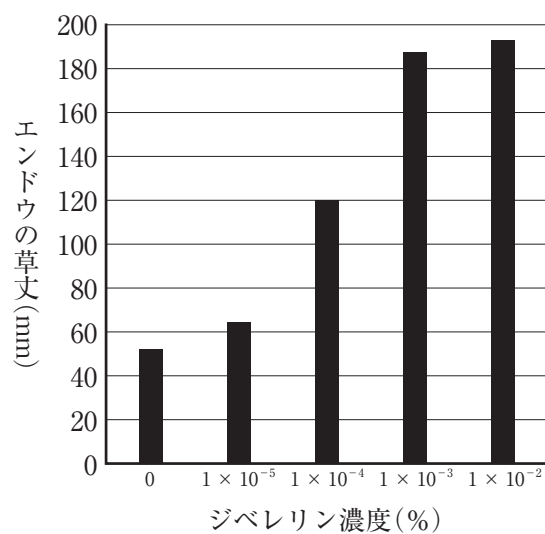


図 1 ジベレリンの濃度変化によるエンドウの草丈の変化

【実験Ⅱ】

環境要因による気孔の開閉調節のしくみを調べる実験をおこなった。

実験操作

操作Ⅱ-1 シロイヌナズナの野生型と遺伝子Aを欠損した変異体の葉の表皮をはがして、それぞれ別の培地に浸した。

操作Ⅱ-2 野生型と遺伝子A欠損変異体の葉の表皮に青色光を照射し、浸した培地のpH変化をそれぞれ測定した。

実験結果

図2および図3のように、野生型の葉の表皮を浸した培地のpHは、青色光を照射することにより大きく低下した。一方で、遺伝子Aを欠損した変異体の葉の表皮を浸した培地では、pHの低下はほとんど観察されなかった。

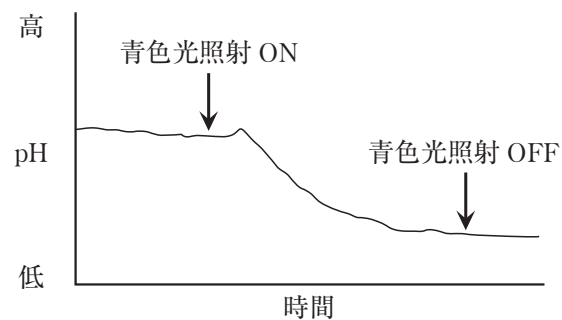


図2 シロイヌナズナ野生型の青色光照射によるpHの変化

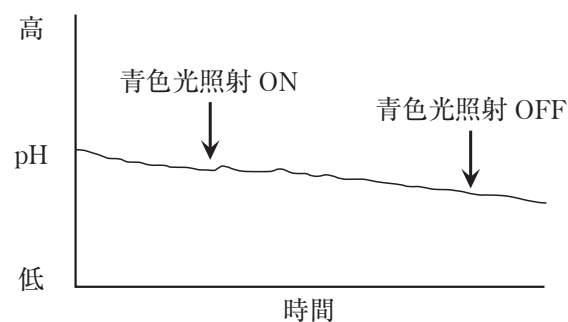


図3 シロイヌナズナ遺伝子A欠損変異体の青色光照射によるpHの変化

問 7 実験Ⅱの結果は、気孔の開口調節に青色光を感知する光受容体がはたらくことを示している。遺伝子Aは何という光受容体の遺伝子と考えられるか、その光受容体の名称を答えよ。

問 8 実験Ⅱにおいて、野生型の葉に青色光を照射すると気孔が開くが、この時、気孔の孔辺細胞から細胞外へプロトンが放出されて培地の pH が大きく低下する。プロトンの放出から気孔の開口に至るまでの変化を、【浸透圧、膜電位、カリウムチャネル】という語句をすべて用いて、70 字程度で説明せよ。

問 9 実験Ⅱに関連して、気孔の開口度と光合成の関係についての記述として最も適切なものを、次の①～⑥の中から1つ選び、記号で答えよ。

- ① 気孔の開口度が大きくなるほど、二酸化炭素を効率的に取り込み、光合成量が増加する。
- ② 気孔の開口度が大きくなるほど、酸素を効率的に取り込み、光合成量が増加する。
- ③ 気孔の開口度が大きくなるほど、水を効率的に放出し、光合成量が増加する。
- ④ 気孔の閉口度が大きくなるほど、二酸化炭素の取り込みが低下し、光合成量が増加する。
- ⑤ 気孔の閉口度が大きくなるほど、酸素の取り込みが低下し、光合成量が増加する。
- ⑥ 気孔の閉口度が大きくなるほど、蒸散が低下し、光合成量が増加する。

問10 図4に示すように、植物Aは、高温環境では光合成速度が低下する。しかしながら、植物Bは高温環境下でも効率的に光合成をおこなうことができる。これらの植物の高温環境下における光合成のしくみについて、以下の問いに答えよ。

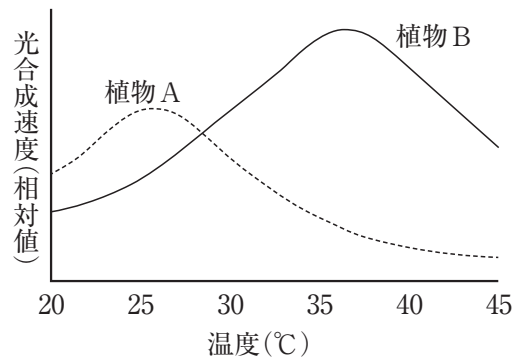


図4 温度変化による光合成速度の変化

- (i) 植物Aと植物Bはどちらか一方がC₃植物でもう一方がC₄植物である。C₄植物として適切なのはどちらか、答えよ。
- (ii) 植物Aの光合成速度が高温環境で低下する理由を、【気孔、酸素濃度、ルビスコ】という語句をすべて用いて、50字程度で説明せよ。

(iii) 植物Bが高温環境で気孔が閉じても効率的に光合成できるしくみについての記述として最も適切なものを，①～⑥の中から1つ選び，記号で答えよ。

- ① ホスホエノールピルビン酸カルボキシラーゼによって，二酸化炭素をホスホエノールピルビン酸に結合し，クエン酸として固定することができる。
- ② ホスホエノールピルビン酸カルボキシラーゼによって，二酸化炭素をホスホエノールピルビン酸に結合し，オキサロ酢酸として固定することができる。
- ③ ホスホエノールピルビン酸カルボキシラーゼによる二酸化炭素固定によって生じたリンゴ酸を，リソソームに貯蔵できる。
- ④ ルビスコによって，二酸化炭素をホスホエノールピルビン酸に結合し，リンゴ酸として固定することができる。
- ⑤ ルビスコによって，二酸化炭素をホスホエノールピルビン酸に結合し，オキサロ酢酸として固定することができる。
- ⑥ ルビスコによる二酸化炭素固定によって生じたクエン酸を，葉肉細胞に貯蔵できる。

- (iv) 光合成の効率は光の強さにも影響を受ける。図5は、植物AとBを温度一定の条件で、異なる強度の光を照射して光合成速度を測定した結果である。グラフ①と②は、どちらか一方がC₃植物でもう一方がC₄植物である。C₄植物として適切なのはどちらか、記号で答えよ。

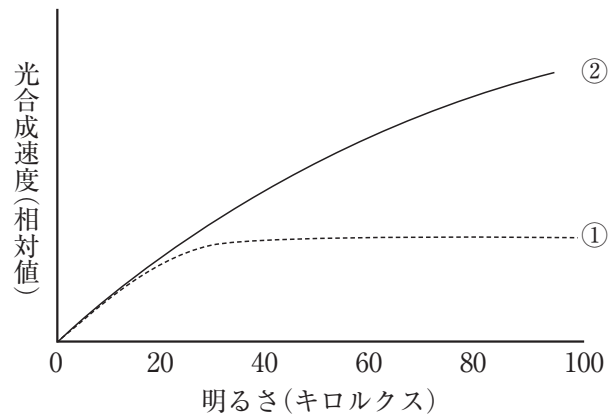


図5 光の強度変化による光合成速度の変化