

# 生 物

解答はすべて各問題の指示にしたがって解答用紙の該当欄に記入せよ。

1 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

光合成を行う生物は、さまざまな生物群に分類されている。細胞や葉緑体の形態、生殖器官の形態、生殖の方法、生活環、クロロフィルの種類などについて、それぞれの生物群で特徴がある。ラン藻類は原核光合成生物であり、真核光合成生物には、紅藻類、褐藻類、珪藻類、、緑藻類、コケ植物、シダ植物、種子植物などがある。コケ、シダ、種子植物以外の真核光合成生物は、ラン藻類とあわせてと呼ばれる。クロロフィルについては、ラン藻類、紅藻類はクロロフィルaをもち、褐藻類や珪藻類はクロロフィルaとcをもつ。、緑藻類、コケ植物、シダ植物、種子植物はクロロフィルaとbをもつ。

真核光合成生物では、多くのものが世代交代を行い、多様な生活環がみられる。たとえば、褐藻類や緑藻類では、とが同形同大であるものや、がに比べ大形の場合やその逆の場合がある。これらの生活環においては、減数分裂はで行われ、その結果できた生殖細胞はに育ち、世代交代に一致するがみられる。

問 1 文章中の～に適切な語を入れよ。

問 2 上の文章中に書かれた光合成生物群のうち、淡水産の種は少なく、多くの種が海産である生物群を2つあげよ。

問 3 光合成生物群は、名前にもあるように特有の色を示すが、このような色の違いの主な原因は何か述べよ。

問 4 生物の類縁関係をふまえて行う分類法を何というか。

問 5 次にあげる2つのグループ(AとB)は、ある点に着目して分類したものである。どのように分類したものか例を参考にして答えよ。

- 例 A. スイセン, セイヨウタンポポ, オオバコ  
B. サクラ, スギ, ヤナギ

解答 草本植物と木本植物

- (1) A. タマホコリカビ, 乳酸菌, シイタケ  
B. アオミドロ, クヌギ, ワカメ
- (2) A. ツバキ, カシ, ソテツ  
B. カエデ, ウメ, ブナ
- (3) A. ゼニゴケ, アオサ, イチョウ  
B. エンドウ, イヌワラビ, イネ

2 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

植物における花芽の分化は、しばしば光によって決定される。タバコやキクなどの (ア) は、日長がある一定の長さより (イ) になると花芽を分化する。一方、アヤメやホウレンソウなどの (ウ) は日長がある長さより (エ) になると花芽を分化する。花芽分化が誘起される限界の日長は植物種や品種によって決まっていますが、ダイズ(品種ビロキシ)では日長がおよそ10時間以下になると花芽を形成するが、それより長い日長のもとでは花芽を形成しない。このように、光周期に反応する植物は明暗を (オ) として感知し、その変化に応じて生育のしかたを変える。

光周期と花芽形成との関係を調べるために以下の実験を行った。光周性の異なるA、B2種の種子をまき、それぞれ3つのグループにわけた。あるグループは8時間明期、16時間暗期の日長条件の下で育てた。この光周期条件をPとした。他の2つのグループは8時間の明期につづく16時間の暗期に光中断を与える光周期で植物を育てた。この場合、一つのグループには暗期が開始してから8時間後に光中断を与え、残るグループには暗期が開始してから4時間後に光中断を与えた。前者の光周期をNB8とし、後者の光周期をNB4とした。これらの植物を一定期間育てたのち、植物種と光周期条件の組合わせごとに、花芽を形成した植物の割合を調べた。その結果、Pの光周期で育てた植物AとNB8の光周期で育てた植物Bではいずれも95%以上の植物が花芽を形成したが、光周期Pで育てた植物BとNB8の光周期で育てた植物Aは花芽を形成しなかった。一方、植物Aと植物BをNB4の光周期で育てたところ、植物Aの90%、植物Bの86%に花芽形成がみられた。以上の実験結果は、花芽の分化を決定しているのは実際には (カ) の長さであり、光周性について植物Aは (キ) 、植物Bは (ク) であるとする矛盾なく説明できる。

光周期を受容する器官は葉である。したがって、葉を除くと植物は光周期に反応しなくなる。異なる植物体の茎を結合(接ぎ木)し、いずれか一方の植物に花芽分化を誘起する光周期を与えると、花芽分化の条件が与えられていないもう一方の植物体にも花芽分化が誘起される。接ぎ木による花芽分化の誘起は、同種ばか

りでなく、光周性の異なる異種の植物の間でもおこる。光周期に反応して、葉は花芽形成促進物質をつくると考えられており、この物質は花成ホルモンと呼ばれているが、その実体はまだ明らかになっていない。

問 1 文章中の  ～  に適当な語を入れよ。

問 2 光中断の目的を簡潔に記せ。

問 3 植物 A における花芽の形成が NB 4 の光周期で誘起され、NB 8 の光周期で誘起されなかった理由を簡潔に記せ。

問 4  と  に短日植物または長日植物の語を入れよ。また、そう判断した理由をそれぞれの植物について簡潔に記せ。

問 5 花芽形成促進物質の植物ホルモンとしての性質を 1 つあげよ。

3 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

遺伝子は常に転写されているわけではなく、外部の状況に応じて転写活性が制御されることがわかっている。このしくみを調べるために大腸菌を使って次の実験を行った。この実験で用いたXという遺伝子の転写は、Yという遺伝子の産物と細胞外から与えられる低分子量のZという物質で制御されていることがわかっている。

実験1 Zを含まない培地で大腸菌を培養すると、Xの転写は起こらなかった。

実験2 Zを含む培地で大腸菌を培養すると、Xの転写が起こった。

これらの結果から、Xの転写はZによって活性化されることがわかったが、そのしくみとして次の2つの仮説を考えた。

仮説1 Zが存在しない状態では、Yの産物はXに働きかけてXの転写を抑制している。しかし、Yの産物はZと結合すると、Xに働きかけることができなくなり、その結果Xが転写されるようになる。

仮説2 Zが存在しない状態では、Yの産物はXに働きかけることができず、Xの転写は起こらない。しかし、Yの産物はZと結合するとXに働きかけて、Xの転写を起こすことができる。

この2つの仮説のどちらが正しいかを調べるために、次の実験を行った。

実験3 Yに変異を起こさせ、遺伝子Y'をつくった。Y'の産物はZに結合できないが、その他の機能はYの産物とまったく変化がなかった。Yを持つ大腸菌にY'を導入して、YとY'の2つの遺伝子を同時に持つ大腸菌をつくった。この大腸菌をZを含まない培地とZを含む培地で培養し、それぞれの条件下で、Xの転写が起こるかどうかを調べた。

問1 遺伝子Yのように、他の遺伝子の発現を制御する遺伝子は何と呼ばれるか、その名称を記せ。

- 問 2 大腸菌から DNA と RNA を抽出して、これらの塩基組成を調べたところ、DNA の塩基組成にはグアニンとシトシンの存在比が同じであるという特徴があった。一方、DNA の情報が写し取られたはずの RNA の塩基組成には、この特徴がなかった。この特徴が DNA にある理由と、RNA がない理由を記せ。
- 問 3 仮説 1 が正しいとすると、実験 3 で用いた Y と Y' の 2 つの遺伝子を持つ大腸菌では、Z が存在する時と存在しない時で X の転写はどうなるか、理由とともに記せ。
- 問 4 仮説 2 が正しいとすると、実験 3 で用いた Y と Y' の 2 つの遺伝子を持つ大腸菌では、Z が存在する時と存在しない時で X の転写はどうなるか、理由とともに記せ。
- 問 5 遺伝子 Y と遺伝子 Y' は、対立形質を持つと考えることができる。仮説 1 が正しいとした時、Y と Y' の優劣関係はどうなっていると考えられるか、理由とともに記せ。

4 蜜や花粉が豊富な餌場から戻ったミツバチの働きバチ(以下単にハチという)は、仲間にその方向と距離を伝える。この行動に関する次の文章を読み、以下の問に答えよ。

遠くの餌場から戻ったハチは、巣箱の中の垂直な巣板の上で、激しく尻を振りながらある向きに数 cm 前進し、尻振りを止めて右また左に半円を描いて元に戻る 8 の字ダンス(以下単にダンスという)を繰り返す。天候が良くて巣箱の前庭(青空の見える水平な板)が込み合っていると、餌場から戻ったハチが巣に入る前に仲間に取り囲まれ、前庭でダンスを始めることがある。このとき、太陽が直接見える必要はなく、青空のほんの一部さえ見えればよい。上部を完全に覆った薄暗がり<sup>a</sup>に水平に置かれた巣板の上でもハチはダンスを続けるが、その尻振り前進の向きは不規則で餌場を伝えることはできない<sup>b</sup>。

ハチが青空の何を手がかりにしているのかを知る目的で、太陽の南中時に巣箱の南 500 m の餌場から水平な巣板に戻ったハチに、人工的な光を与える実験を行った。水平な巣板の上を不透明な半球(半径約 35 cm)で覆い、半球頂上の穴からビデオカメラでダンスを観察する。半球頂上から 20 度下がったところに穴(直径 5 cm)を開けて、紫外線を多く含む人工光で巣板を照らす。実験結果(図 1～5)は、人工光の方向を基準( $0^\circ$ )として尻振り前進の方向を計り、10 度ごとに集計した頻度を棒の長さで示してある。人工光は、太陽の実際の方位とは逆に置いてある<sup>c</sup>。

実験 1 人工光の明るさを一定にして、尻振り前進方向を計り、図 1 を得た。

実験 2 人工光として一定の明るさの偏光(電磁波としての電場振動面が一方向にそろった光)を与えて、図 2 を得た。二通りの偏光方向(P 1, P 2 の矢印)についての結果を示してある。青空から来る光は、太陽光が上空の分子やちり<sup>d</sup>で散乱されたもので、太陽—散乱点—観測者(ハチ)の作る三角形の面に垂直な電場振動面を持った紫外部の偏光を多く含む。太陽からの直接光は様々な方向に振動する光を均等に含んでいる。

実験 3 ビデオ装置を改造して、ハチの体の向きによって人工光(非偏光)の明るさが自動的に変るようにして、図 3 を得た。ハチがある方向またはその正反対(たとえば M 1 の線に平行)を向いたとき人工光が最も明るくなり、そ

の真横を向いたとき最も暗くなる。ハチがダンスをすると人工光の明るさは目まぐるしく変る。このように不自然な光のもとでもハチはダンスを続けた。人工光が一番明るくなるハチの向き二通り(M1, M2)についての結果を示す。

実験4 光条件は実験3と同じだが、小さく切った偏光フィルター(ある方向の偏光のみを通す薄板)をハチの複眼の背面にはり付けた(図4, 左端のハチの頭部を背方から見た図参照)。ハチの複眼には体の左右方向の偏光しか届かない。人工光が一番明るくなるハチの向き二通り(M1, M2)について, 図4を得た。

実験5 光条件は実験4と同一で, 偏光フィルターを切り出す方向を45度変えた(図5左端の図参照)。ハチ複眼には, 体軸方向と左右方向の偏光が同じ強さで届く。実験4と同様M1, M2について図5を得た。

問1 次の文の (ア) ~ (キ) に適当な語を入れよ。

太陽と餌場の方向が異なるとき, 下線部aのダンスの尻振り前進は (ア) を向く。この状況を最も良く再現しているのは実験 (イ) である。さらに, 下線部bおよび下線部cの条件で得られた結果(図1~5)を考え合わせると, ハチは天空の視覚情報のみで太陽の方向を決めており, (ウ) や他の天体からの引力は利用していないことがわかる。豊富な餌を得たハチは直前の飛行中の視覚情報を (エ) し, 垂直な巣板の上での (オ) と結びつけて行動を変える (カ) 能力を持つことがわかる。実験に用いたハチを通常の暗い中の垂直な巣板に戻すと, (キ) に向って尻振り前進するダンスを示す。

問2 下線部bのように, 一見無意味な行動が繰り返されることは, 動物の体どのようなしくみがあることを示しているか, 簡単に述べよ。

問3 「ハチは, 体の左右方向の偏光を最も多く感じる方向を太陽の方向として使う」という仮説を否定することになった実験の番号をすべてあげよ。

問4 次の記述a~fのうち, 上の実験1~5の結果で支持できるものには○, 否定せざるをえないものには×, 実験1~5の結果だけでは何とも言えないものには一を記入せよ。

- a ハチは、偏光がなければ太陽の方向を決めることができない。
- b ハチは、空の一番明るい部分の方向を太陽の方向として使う。
- c ハチは、偏光を手がかりにできるので、地形や景色を利用しない。
- d ハチには、光に向かって歩く性質(正の走行性)がある。
- e ハチは、体軸方向の偏光を感じる能力を持つ。
- f ハチは、体の向きを変えて、空の偏光の度合いが最大となる方向を探し出す。

