

(平 24 前)

理 科

	ページ
物 理.....	1～ 6
化 学.....	7～14
生 物.....	15～24
地 学.....	25～30

・ ページ番号のついていない白紙は下書き用紙である。

注意 解答はすべて答案用紙の指定のところに記入しなさい。

物 理	75 点
化 学	75 点
生 物	75 点
地 学	75 点

生 物

I 次の文章を読んで、問 1～4 に答えなさい。(配点 19 点)

ショウジョウバエでは、初期胚の形態形成に働くさまざまな調節遺伝子が明らかになっている。

ショウジョウバエの前後軸(頭尾軸)形成に働く調節遺伝子の一つ、遺伝子 A について、その遺伝子産物を調べてみたところ、未受精卵の前極に遺伝子 A から転写された mRNA が局在しており、受精後にこの mRNA が ア されて、前後軸に沿って遺伝子 A にコードされたタンパク質の イ がつくられていた。また、突然変異により遺伝子 A の機能を喪失した劣性の対立遺伝子を a と表すと、ヘテロ接合体 Aa の雌雄を交配して生まれた次世代は、どの個体も発生過程に形態的な異常は観察されなかった。しかし、ホモ接合体 aa の雌と野生型の雄を交配して生まれた次世代は、からだの前半部の形態が正常に形成されずに尾部のように変化した幼虫となった。野生型 AA やヘテロ接合体 Aa の雌とホモ接合体 aa の雄を交配して生まれた次世代には異常は見られなかった。また、ホモ接合体 aa の雌と野生型の雄を交配させて得られた受精卵の前極に、正常な受精卵の前極から得た細胞質を注入すると、正常な形態をもつ幼虫となった。このように、雌親の遺伝子型に従って受精卵における ウ 型が決まる遺伝子を「母性効果遺伝子」と呼ぶ。

ショウジョウバエのからだは、頭部・胸部・腹部からなる。初期胚において、分節遺伝子の働きによって エ と呼ばれる繰り返し構造が形成され、それぞれの区画に応じた器官がつくられる。これに対し、それぞれの区画に応じた正しい器官がつくられず、触角ができるべき場所にあしがつくられる突然変異や、後胸部が中胸部にかわったために、はねが 2 対 4 枚つくられる突然変異など、からだの一部が別の器官に置き換わる変異が知られている。このような変異は、オ 遺伝子と呼ばれる調節遺伝子の異常によって起こる。さまざまな オ 遺伝子に共通に見られる特徴的な塩基配列を カ と呼ぶ。

問 1 空欄 ア ～ カ 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 以下の(a)～(c)について、正しい内容が書かれているものに○を、間違った内容のものに×を、それぞれ解答欄に記入しなさい。

- (a) 雌親の遺伝子 *A* から転写された mRNA が未受精卵内で局在する。
- (b) ホモ接合体 *aa* は、親の遺伝子型にかかわらず、からだの前半部の形態が異常な幼虫となる。
- (c) 母性効果遺伝子は必ず性染色体上の遺伝子である。

問 3 下線部(A)について、以下の(1)と(2)に答えなさい。

- (1) 正常な受精卵から得た細胞質のかわりに、ホモ接合体 *aa* の雌と野生型 *AA* の雄の交配で生まれた受精卵の前極から得た細胞質を注入した場合、どのような形態をもつ幼虫となるか、40 字以内で答えなさい。
- (2) 野生型の受精卵の後極に遺伝子 *A* の mRNA を注入したところ、両端に頭部の形態を持ち、からだの中央に胸部や腹部のような後方側の形態をもつ幼虫が生じた。ホモ接合体 *aa* の雌と野生型 *AA* の雄から生まれた受精卵の中央部分に遺伝子 *A* の mRNA を注入した場合、どのような形態をもつ幼虫が生じると推定されるか、40 字以内で答えなさい。

問 4 野生型のショウジョウバエでは、初期胚の前方で遺伝子 *B* から mRNA が合成されるが、ホモ接合体 *aa* の雌と野生型の雄の交配で得られた初期胚では遺伝子 *B* の mRNA が合成されない。これらのことから、遺伝子 *A* にコードされるタンパク質がどのような働きをしていると推論できるか、20 字以内で答えなさい。

Ⅱ 次の文章を読んで、問 1 ～ 5 に答えなさい。(配点 19 点)

1980 年代から開発と商品化が進んだ遺伝子組換え植物は、作付面積、生産量とも年々増加している。たとえば遺伝子組換えダイズの場合、2009 年の作付面積は世界のダイズ作付面積の 7 割を超えて 6920 万 ha (日本の総農地面積の 15 倍) に達した。同年、日本は 339 万 t のダイズ (国内生産量は 22.9 万 t) を輸入したが、その最大 6 割が遺伝子組換えと推定され、我々は食用油などの食品原料や飼料等を介して直接的、間接的に遺伝子組換えダイズを利用している。

遺伝子組換え植物の一般的な作出法は次の通りである。まず目的遺伝子を含む DNA とプラスミドなどのベクターを 適切な制限酵素で切断し、^(A)両者の切断末端同士を DNA リガーゼで連結する。次に、連結反応液で大腸菌を形質転換し、適切な^(B)構造をもつプラスミドを選択する。このプラスミドを導入したアグロバクテリウムを介して目的遺伝子は植物に導入される。こうして作出された遺伝子組換え植物は、様々な試験と審査を経てはじめて商業栽培や流通が可能になる。

一方、遺伝子組換え植物の花粉が飛散して周辺の植物と交雑すると、核 DNA 上の組換え遺伝子が伝播した交雑種が出現し、生態系に組換え遺伝子が拡散する可能性がある。そこで、葉緑体 DNA^(C)の遺伝子組換え技術の開発も進められている。これは一般的に、葉緑体 DNA 上の遺伝子は花粉を介した受精によって同種あるいは近縁種^(D)の植物へ伝播することがないからである。

問 1 下線部(A)について、特定の 6 塩基対からなる DNA 配列を ↓ で切断する制限酵素 A と B (図 1) で、遺伝子 Z を含む 1000 塩基対の DNA 断片 (図 2) を切り出し、制限酵素 A と B の切断部位がプロモーターを挟んで 500 塩基対の距離に存在する全長 4000 塩基対のプラスミド (図 3) と連結する。このとき、制限酵素 A と B で切り出した遺伝子 Z を含む DNA 断片は、プラスミドを制限酵素 A または B のどちらで切断したものとも連結できる。その理由を 20 字以内で説明しなさい。

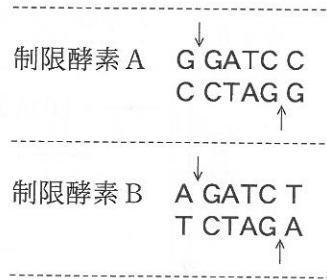


図 1

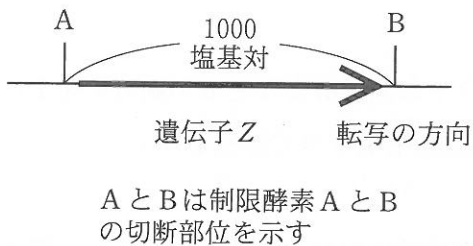


図 2

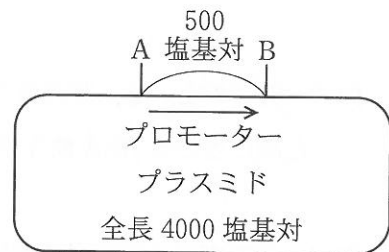


図 3

問 2 下線部(B)について、図 3 のプラスミド上で遺伝子 Z を発現させるには、制限酵素 A と B で切り出した遺伝子 Z を、制限酵素 B で切断したプラスミドに連結し、遺伝子 Z の向きが転写開始に必要なプロモーターの向きと同じになっていればよい。しかし実際にはこの連結反応で、

- ① 遺伝子 Z が挿入されず、自己連結して元に戻ったプラスミド
- ② 遺伝子 Z の転写方向が、プロモーターの向きと逆向きに入ったプラスミド
- ③ 遺伝子 Z の転写方向が、プロモーターの向きと同じ向きに入ったプラスミド

ができ、連結反応液で大腸菌を形質転換し、それを培養するといずれか一種類を保持したコロニーがプレート上にランダムに出現する。そのため複数のコロニーを別々に培養して、精製したプラスミドから③を選び出す必要がある。それには、制限酵素で切断したプラスミド断片の長さを調べるができるアガロースゲル電気泳動法(図 4)が有効である。

①, ②, ③の各プラスミドを制限酵素 A と B の両方で完全に切断するとそれぞれ何本の DNA 断片が検出されるか答えなさい。

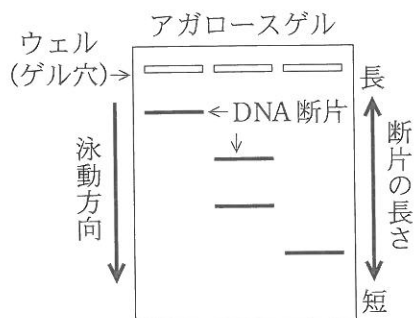


図 4

問 3 問 2 の①, ②, ③の各プラスミドを制限酵素 A と B の両方で完全に切断した際に生じる DNA 断片の長さ(塩基対)をすべて書きなさい。

問 4 下線部(C)の葉緑体 DNA は, 高等植物で約 120 の遺伝子をもつ環状二本鎖 DNA であり, 独特な遺伝子発現機構を進化させている。たとえば, 葉緑体遺伝子には転写後に「スプライシング」や「RNA 編集」を受けるものがある。このうち葉緑体での「RNA 編集」とは, 葉緑体 DNA から転写された mRNA の特定の C 塩基を U 塩基に置きかえる機構で, 約 20 の遺伝子で見つかっている。つまりこれらの遺伝子では DNA 配列上は C であるが, mRNA では U になっている部分があり, DNA 配列とわずかに異なる配列の mRNA が翻訳に使われる。

その結果, (ア)翻訳開始, (イ)ペプチド鎖の長さ, (ウ)アミノ酸配列, について DNA 情報とは異なるどのようなことが起こりうるかを, 各 40 字以内で答えなさい。

ただし, 葉緑体遺伝子に用いられているコドン是一般的なものであり, 翻訳は mRNA 上の開始コドン(AUG)から始まり, 終止コドン(UAA, UAG, UGA)で終了する。

問 5 下線部(D)の理由を「花粉」を主語に 20 字以内で書きなさい。

Ⅲ 次の文章を読んで、問1～5に答えなさい。(配点18点)

ヒトの光の受容器である目では、角膜を通り瞳孔から入った光は水晶体で屈折したあと、ガラス体を通して網膜に到達して像を結ぶ。目に入る光の量は ア の筋肉によって瞳孔の大きさを変えることで調節している。また、ピントは毛様体^(A)によってチン小帯が引かれたりゆるんだりして、水晶体の厚さを変化させることで調節している。網膜には錐体細胞とかん体細胞と呼ばれる2種類の視細胞が含まれる。錐体細胞は明るいところで色の違いを識別する働きを担っている。一方、かん^(B)体細胞は色の感覚には関与しないが、光に対する感度が高く、薄暗いところで物を見るときに役立つ。光の刺激によって視細胞で生じた興奮は、イを介して脳に伝えられる。イの細胞は、刺激を受けると、細胞膜にあるウが開いてエが細胞内に流入し、細胞内の電位が一時的に上昇することで活動電位を生じる。その後ウはすぐに閉じ、オが開いてカが細胞外に流出するため、細胞内の電位は元にもどる。細胞内に流入したエは、細胞膜にあるキによって外に運び出され、かわりにカが細胞内に取り込まれることで、細胞内外にはつねにエとカの濃度差が生じている。

昆虫は、複眼や単眼といった光の受容器をもっている。多くの昆虫には、光刺激の方に向かっていく正のクがある。この性質を利用して、夜間の昆虫採集には「ライトトラップ」と呼ばれる方法がよく用いられる。これは、暗い野外に照明をつけて、そこに集まる昆虫を捕まえる方法である。ライトトラップに用いる照明には、紫外線付近の短い波長の光を多く含むランプが用いられることが多い。これは、多くの昆虫の視細胞が紫外線に反応する特性をもっているからである。^(F)

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(A)について、遠くを見るときに毛様体、チン小帯、水晶体の挙動について40字以内で説明しなさい。

問 3 下線部(B)について、ヒトは錐体細胞によって、ミツバチは複眼の視細胞によって色を識別している。図1はヒトの錐体細胞とミツバチの複眼の視細胞の感度と光の波長(色)との関係を示したものである。ヒトの錐体細胞もミツバチの視細胞も、よく反応する光の波長によって3種類に分けられる。図1を参考に以下の(1)と(2)に答えなさい。

- (1) ヒトやミツバチが色を識別するしくみを 40 字以内で答えなさい。
- (2) ミツバチに、図1の矢印で示した①～⑥の波長の光のうち2つの波長の光を見せたとき、ミツバチが最も区別しづらいと予想される色の組み合わせは以下の(a)～(d)のうちどれか、記号で答えなさい。ただし、光は十分に強いものとする。

- (a) ①と② (b) ③と④ (c) ④と⑤ (d) ⑤と⑥

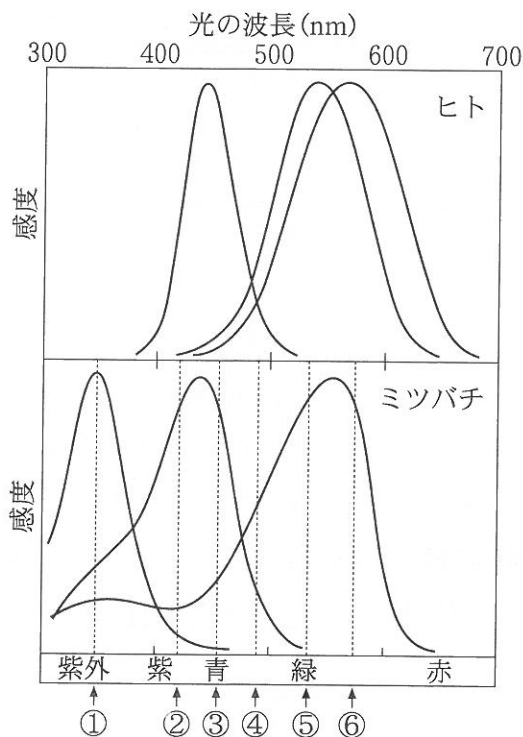


図 1

問 4 下線部(C)～(E)について、以下の(1)と(2)に答えなさい。

(1) (C)や(D)のしくみ、(E)のしくみをそれぞれ何というか、答えなさい。

(2) (E)の過程において必要なエネルギーはどのように供給されているか、50字以内で答えなさい。

問 5 下線部(F)について、このように感覚細胞が受け入れることのできる刺激を一般に何というか、答えなさい。

Ⅳ 次の文章を読んで、問 1～5 に答えなさい。(配点 19 点)

生物群集は複数の種の個体群が共存することで成り立っている。ガウゼは、ゾウリムシの仲間 3 種(ゾウリムシ、ヒメゾウリムシ、ミドリゾウリムシ)を用いた培養実験を行い、複数の種が共存する仕組みを理解する上で重要な知識をもたらした。えさを含む培養液を入れたピーカーで、上に示したゾウリムシの仲間を 1 種ずつ単独培養すると、いずれの種も S 字状の成長曲線を描いて増加し、環境収容力と呼ばれる一定レベルに達して飽和した。一方、2 種を混合培養すると、種の組み合わせ^(A)によって、図 1(a)、(b)に示したように異なる結果を示した。この結果の違いは、ゾウリムシとヒメゾウリムシは培養液中に浮遊するえさを食べるのに対し、ミドリゾウリムシはピーカーの底や壁面に付着したえさを食べることによって生じたと考えられている。

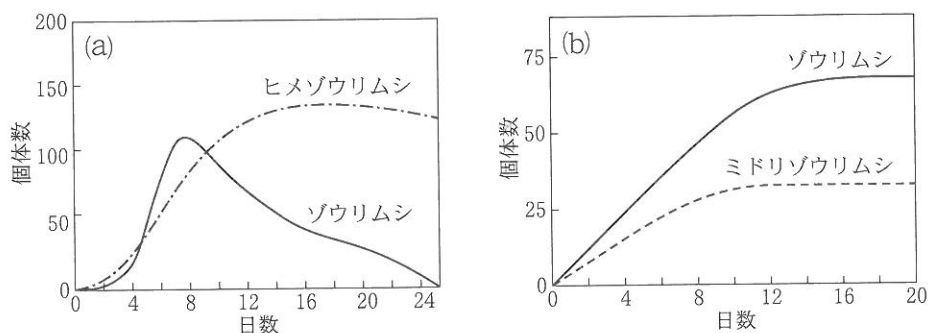


図 1

また、ガラパゴス島に住む鳥類のダーウィンフィンチの仲間は、種によってくちばしの形が異なる。これはどのようなえさを取っているかということと密接に結びついており、えさを求めて行動する空間も種によって異なることが知られている。

このように生物群集を構成する種は、食物や利用する空間など、それぞれ特有の生活様式をもって群集の中に位置を占めている。この位置を生態的地位という。この概念を用いると複数の種の共存の仕組みについて、上に述べたガウゼの実験結果をより一般化した法則として表現することができる。

^(B) 一方、複数の種の共存には種間の共生関係の進化^(C)も重要な役割を果たしている。共生関係としては、アリがアブラムシを天敵から守り、アブラムシがアリに栄養物を与えるような双利共生や、サメによる運搬と保護の利益をコバンザメが一方的に

享受するような片利共生の例が有名であるが、最近は、植物と細菌、菌類、動物などが相互に依存し合う関係を広く共生関係として理解する考え方が主流になっている。植物と細菌の共生関係では、マメ科植物の根に入り込んだ根粒菌が空気中の ア を固定し、植物の ア 同化を支える例がよく知られている。一方、多くの菌類が土壌中から吸収した イ を植物に提供し、菌類は植物から ウ を受け取るという関係が知られるようになっている。植物と動物の共生関係はさらに多様である。植物の受粉には風媒や虫媒などさまざまな様式があるが、一般に虫媒花と昆虫の関係は典型的な共生関係である。特定の昆虫を引きつけるように花の形態や色が進化して共生関係が強化され、さまざまな植物や昆虫の共存を支えるシステムも明らかになっている。

問 1 空欄 ア ～ ウ に入るもっとも適当な語を以下から選び、番号を解答欄に記入しなさい。

- ① 二酸化炭素 ② 酸素 ③ 窒素 ④ リン ⑤ タンパク質
⑥ 光合成産物 ⑦ 水分 ⑧ 栄養塩類

問 2 下線部(A)の実験結果を示す図 1 の(a)と(b)の結果の違いから、それぞれの実験においてどのような現象が起こったと考えられるか、それぞれ 30 字以内にまとめなさい。

問 3 下線部(B)の複数の種の共存に関する法則とはどのようなものか、20 字以内にまとめなさい。

問 4 下線部(C)の共生関係は現在の生物群集において多様な種の共存を支えているだけでなく、生物の進化そのものにも大きな役割を果たしたと考えられている。原核生物が他の細胞に入り込んで共生したことが真核生物の起源に関わっているとの説は有力な考え方である。この説により原核生物から生じたと考えられている真核生物の細胞内小器官を 2 つ答えなさい。

問 5 下線部(D)の虫媒花と昆虫の関係が共生関係と言えるのは両者にどのような相互関係が成り立っているからか、100 字以内で論じなさい。