九州大学

2022 年度　前期日程　生物

1 次の文章を読み，以下の問いに答えなさい。

図 1 に，アブラナ科の園芸植物であるストックの一重咲き（上段）と八重咲き（下段），およびそれらの単一の花を解剖し，器官ごとに分けた写真を示した。一重咲きのストックは自家受精によって種子をつけるが，八重咲きの株の花はおしべ，めしべを欠いており種子をつけない。そのため，一重咲きの株から採種し，この種子を栽培すると分離する八重咲きの株が観賞用として売られている。

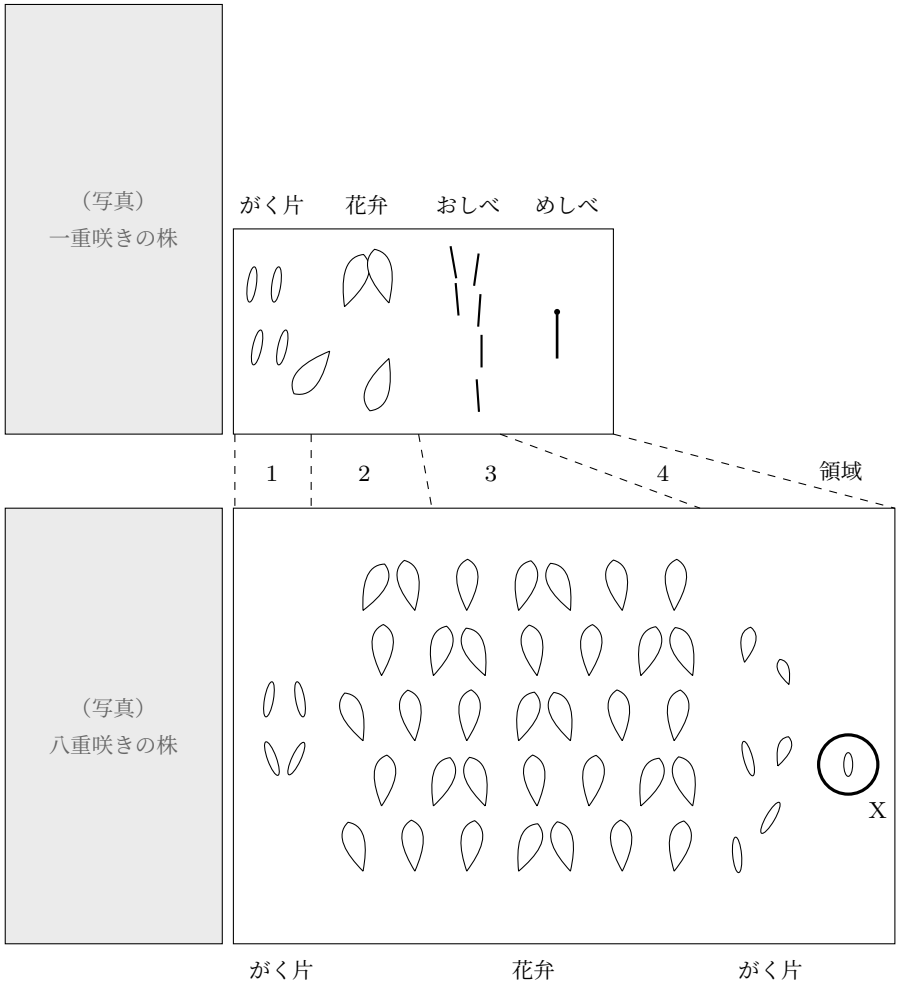


図 1

図 1 に示した一重咲きの花では，〔 a 〕の同心円状の 4 つの領域ではたらく，3 つのクラスの遺伝子の組み合わせによって分化する器官の種類が決まっており，このモデルは〔 b 〕と呼ばれている。〔 a 〕の中心部の領域 4 では〔 ア 〕クラス遺伝子だけがはたらき，めしべの分化を誘導する。その外側の領域 3 では〔 ア 〕クラス遺伝子と〔 イ 〕クラス遺伝子がはたらき，おしべが分化する。さらにその外側の領域 2 では〔 イ 〕クラス遺伝子と〔 ウ 〕クラス遺伝子がはたらき，花弁が分化する。最も外側の領域 1 では〔 ウ 〕クラス遺伝子だけがはたらき，がく片が分化する。

一方，八重咲きはがく片と花弁だけから構成された花をつける。これは〔 エ 〕クラス遺伝子が突然変異を起こ

し，遺伝子機能が欠損することで，この遺伝子に〔 c 〕されていた〔 オ 〕クラス遺伝子が全ての領域で発現するようになり，領域 3 のおしべが花弁，領域 4 のめしべががく片に変化するからである。また，八重咲きでは図 1 に示したように花弁が増加し，花の中心部（記号 X で示した白線で囲んだ部分）では多数の小さながく片と花弁が繰り返し生じている。これは〔 エ 〕クラス遺伝子が〔 a 〕の細胞分裂を〔 c 〕するはたらきも持っており，八重咲きでは，このはたらきが失われているためである。

問 1. 文章中の〔 a 〕〜〔 c 〕に入る適切な語句を答えなさい。

問 2. 文章中の〔 ア 〕〜〔 オ 〕に当てはまる A〜C のアルファベットを答えなさい。

問 3. 八重咲きのように，器官が本来の位置に形成されず，他の器官に置き換わる突然変異体は何と呼ばれているか答えなさい。

問 4. 一重咲きのみが生じるストックの A 品種から，突然変異によって八重咲きが分離する B 品種が生じた。一重咲きは八重咲きに対して優性（顕性）であり，一重咲きの対立遺伝子を D 遺伝子，八重咲きの対立遺伝子を d 遺伝子とする。八重咲きは種子をつけないため，d 遺伝子をヘテロ接合でもつ遺伝子型 Dd の一重咲きが自家受精によってつけた種子を採種し，これを育てると 25% の確率で八重咲きが出現する。

この B 品種では，複数の一重咲きの株からとった種子を混合し，栽培を繰り返すと次第に八重咲きの分離比が低くなる。この理由を 50 字以内で説明しなさい。

問 5. B 品種に新たな突然変異（m 遺伝子）が起こり，一重咲きから自家受精によって採種した種子をまくと常に約 50% が八重咲き，残りの約 50% が一重咲きになる C 品種が生じた。

C 品種において，八重咲きと一重咲きがほぼ等しい割合で分離するしくみを調べるために，A〜C 品種の一重咲きの花粉から伸長する花粉管を観察したところ，A と B 品種は正常であったが，C 品種では約半数の花粉から花粉管が伸長していなかった。また，A 品種と C 品種間の交配実験を雌雄を入れ替えて行い，その結果を図 2 に示した。

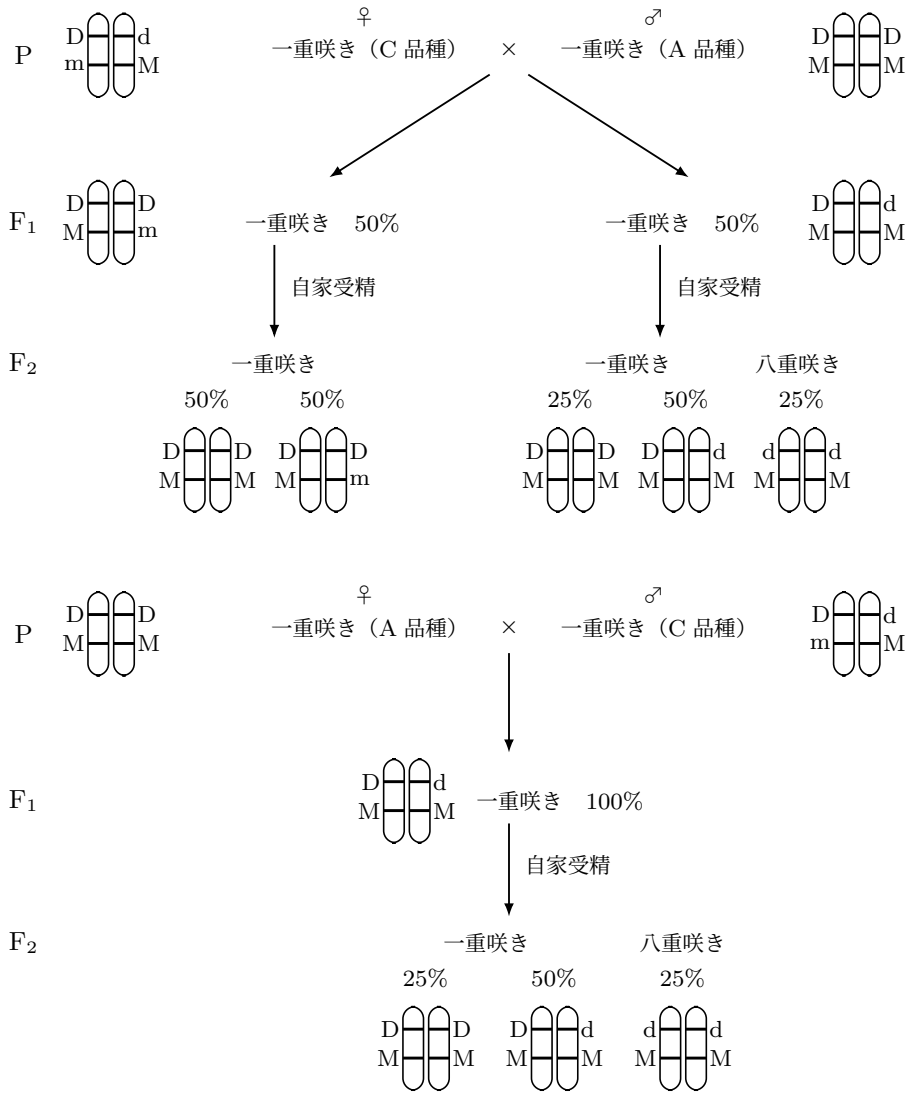


図 2

これらの実験結果から，C 品種で八重咲きと一重咲きがほぼ同数分離するしくみは次のように説明することができる。文章中の〔 d 〕～〔 g 〕に入る適切な語句，〔 カ 〕～〔 ク 〕に入る適切な遺伝子型を答えなさい。

C 品種を雌親にした場合（図 2 上段），D 遺伝子と d 遺伝子の両方が次代に伝わるが，雄親にした場合（図 2 下段）では，d 遺伝子のみが伝わる。そのため，D 遺伝子と花粉管が伸長しなくなる m 遺伝子は同じ染色体上に存在し，一緒に行動することがわかる。この現象を〔 d 〕という。八重咲きの d 遺伝子をもつ染色体は m 遺伝子を持たず正常な対立遺伝子 M をもつ。

C 品種の自家受精において，遺伝子型 DdMm の一重咲きからつくられる遺伝子型〔 カ 〕の花粉では花粉管が伸長せず，遺伝子型〔 キ 〕の花粉だけが受精に関与する。この花粉から伸長した花粉管は，〔 e 〕から放出される〔 f 〕に誘引される。花粉管中の遺伝子型〔 キ 〕の精細胞と，遺伝子型〔 カ 〕または〔 キ 〕の〔 g 〕が受精する。その結果，遺伝子型〔 ク 〕の種子から八重咲き，DdMm の遺伝子型の種子から一重咲きが生じる。

2 次の文章を読み，以下の問いに答えなさい。

ヒトは，絶えず変動する体外環境に対応できるよう，腎臓から余分な水や電解質を排出して体液の状態（体内環境）を一定に保つしくみをもっている。このしくみを恒常性という。

表 1 には，健康なヒトの血しょう，原尿，尿に含まれる成分①〜⑤とカルシウムイオンの割合を示す。また，イヌリンは，ヒトの体内にはない物質で，静脈に注射すると糸球体からろ過されるのみで，細尿管では再吸収も分泌もされることなく，尿としてすべて排出される。そのため，腎臓のろ過機能の検査に用いられる。

成分	質量パーセント濃度（%）		
	血しょう	原尿	尿
①	90〜93	99	95
②	7.2	0	0
③	0.10	0.10	0
④	0.30	0.30	0.35
⑤	0.03	0.03	2.0
カルシウムイオン	0.008	0.008	0.014
イヌリン	0.01	0.01	1.2

表 1

問 1. この健康なヒトの 1 日の尿量を測定したところ 1440 mL であった。このヒトの腎臓で 1 分間にろ過される原尿量（mL）を表 1 から求めなさい。なお，簡潔な説明をつけて計算過程を記入すること。また，血しょう，原尿，尿の密度は 1 g/mL としなさい。（解答欄　5×16 cm）

問 2. 表 1 の成分①〜⑤は，水，尿素，グルコース，タンパク質，ナトリウムイオンのいずれかである。タンパク質はどれか，①〜⑤の番号で答えなさい。

問 3. 腎臓でのグルコースの再吸収には，糖輸送担体というタンパク質分子が関わっている。図 1 には「血しょう中のグルコース濃度（mg/100 mL）」と「1 分間に腎臓で再吸収されるグルコース量（mg/分）」との関係例を示した。表 1 や問 1 の結果を参考にして，図 1 のグラフから次の問に答えなさい。

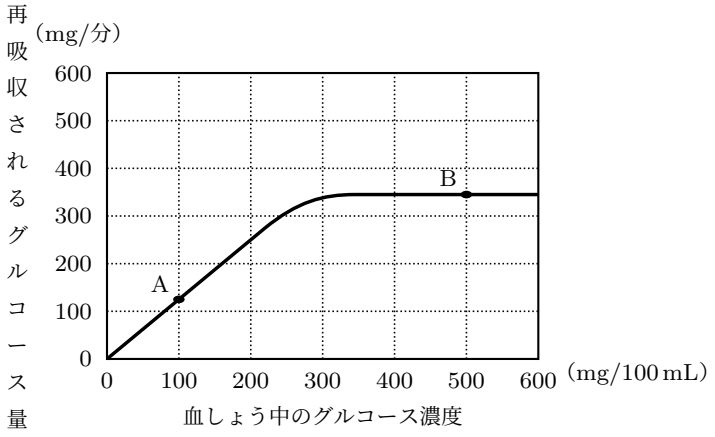


図 1

(1) 図 1 の A 点におけるグルコースの再吸収と尿中への排出との関係性について，30 字以内で説明しなさい。

(2) 図 1 の B 点におけるグルコースの再吸収と尿中への排出との関係性について，40 字以内で説明しなさい。

(3) (1) と (2) から腎臓における糖輸送担体のグルコースの再吸収能力について，40 字以内で説明しなさい。

問 4. 次の文章の〔 ア 〕と〔 イ 〕に入る語句を【語群】から選び答えなさい。

表 1 から，カルシウムイオンの再吸収率は高いことが分かる。血しょう中のカルシウムイオン濃度が低下した場合〔 ア 〕から〔 イ 〕の分泌が増加し，腎臓におけるカルシウムイオンの再吸収は，促進される。

【語群】

甲状腺　副甲状腺　副腎髄質　すい臓 A 細胞　すい臓 B 細胞　脳下垂体後葉　アドレナリン
インスリン　グルカゴン　チロキシン　バソプレシン　パラトルモン

問 5. カルシウムイオンは，生体のさまざまな生理機能調節に関わっている。筋肉の収縮のしくみを説明した次の文章の〔 ウ 〕〜〔 コ 〕に入る適切な語句を答えなさい。

運動神経終末からアセチルコリン（ACh）が放出されると，筋繊維の膜にある ACh の受容体に結合する。すると，このリガンド依存性チャネルが開いて陽イオンが細胞内に流入し脱分極性の小さな電位変化が膜に生じる。この電位の変化は〔 ウ 〕と呼ばれる。この電位変化が加算され，〔 エ 〕を越えると〔 オ 〕チャネルが開いて〔 カ 〕が発生する。

この筋繊維の興奮は，細胞膜を伝導し T 管を通して筋原繊維を包んでいる〔 キ 〕に伝わる。するとその膜にあるイオンチャネルが開いて〔 ク 〕が放出されトロポニンと結合する。これがきっかけとなり，アクチンフィラメントは〔 ケ 〕と相互作用できるようになる。〔 ケ 〕は〔 コ 〕を分解する酵素活性をもち，この分解で得られたエネルギーを利用してアクチンフィラメントの滑走が起こり筋肉は収縮する。

問 6. 一般に 1 つの神経細胞は，複数の神経細胞から入力を受ける（図 2）。入力神経を図のように刺激し，その刺激を小→中→大と変化させ神経細胞 A の軸索の興奮（電位）を記録した（図 3）。なお，刺激「大」の結果は，破線で囲み白く上塗りしている。

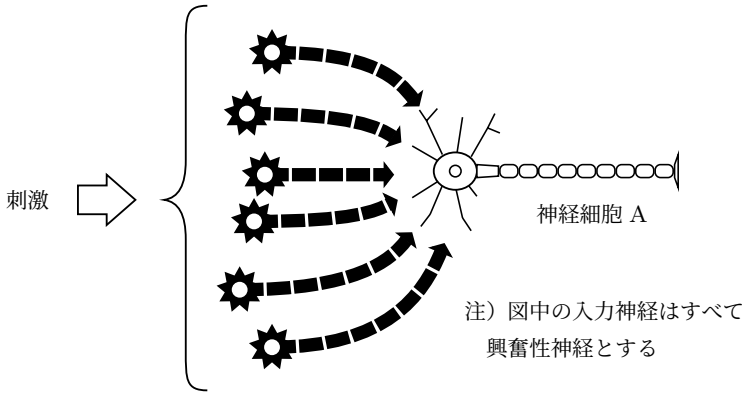


図 2

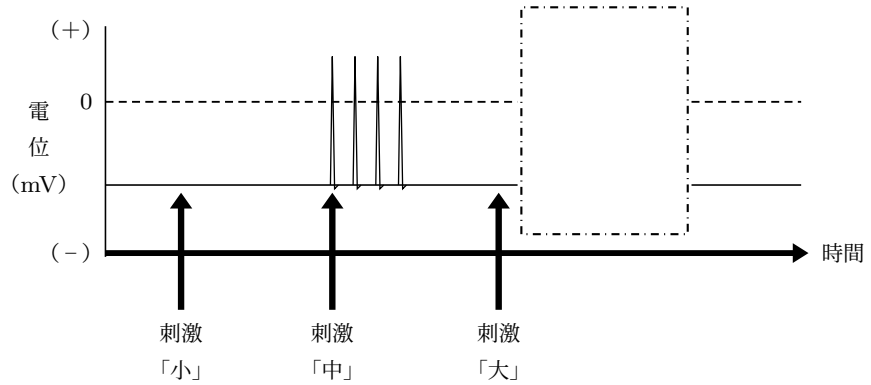
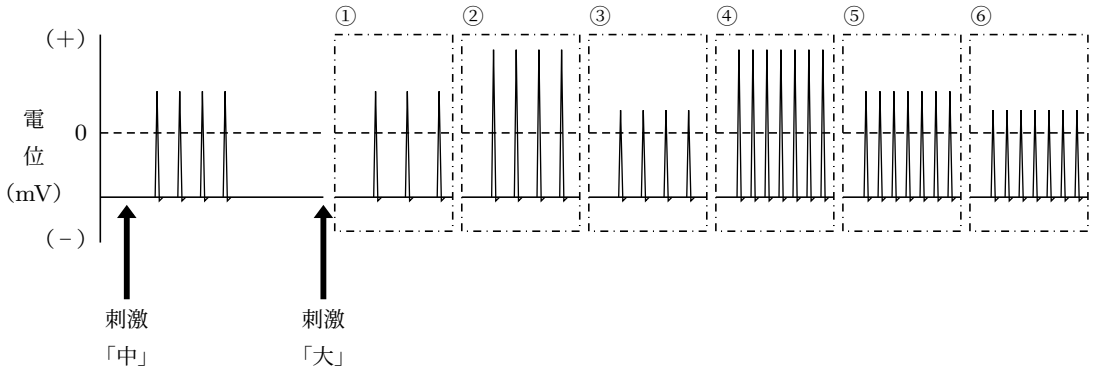


図 3

(1) 図 3 において刺激「小」と刺激「中」では，神経細胞 A の興奮反応が異なる。この違いはどうして生じるか，100 字以内で説明しなさい。

(2) 刺激「大」の結果として適切なのは右の図①～⑥のどれか，番号で答えなさい。なお，左側には刺激「中」の結果を掲載している。



3 次の文章を読み，以下の問いに答えなさい。

多細胞生物の増え方には，親と同じ遺伝子を持つ子が形成される〔 ア 〕と，両方の親からの遺伝子を引き継ぐためにさまざまな遺伝的多様性が生じる〔 イ 〕がある。〔 イ 〕においては，配偶子が受精することによって染色体数が親と同じになるよう，①減数分裂と呼ばれる特殊な細胞分裂が行われる。

哺乳類の雄の配偶子のもととなる細胞は〔 ウ 〕と呼ばれ，生殖巣ができる前から存在する。〔 ウ 〕は生殖巣に移動し，雄の配偶子を作る造精細胞という細胞群（精原細胞，精母細胞，精細胞，精子）へと分化する。このうちの精子は，頭部には遺伝情報を保持する核および受精に必要な酵素を含む〔 エ 〕，中片部には遊走に必要なエネルギーを産生する〔 オ 〕，尾部には推進力を発生させる〔 カ 〕を持つ。

分化途中の造精細胞は②体細胞分裂や減数分裂を起こしても細胞質が完全には切れることがなく，細胞間橋という構造を保ったまま数珠（じゅず）つなぎの構造を作る。細胞間橋は，同じ起源を持つ造精細胞の細胞増殖や分化を同期させる働きをする。

造精細胞は，セルトリ細胞という巨大な上皮細胞が作る精細管と呼ばれる管（前ページの図 1）の中に存在す

る。③造精細胞は，セルトリ細胞の細胞質に埋め込まれた特殊な構造をとっている（前ページの図 2)。最も未分化な精原細胞は精細管の基底膜側（管の表面側）に存在する。精原細胞は分化に伴って管の基底膜面を離れ，精母細胞となって減数分裂を行う。精母細胞はさらに内腔側に移動して精細胞に分化し，最終的に精子として内腔に出てくる。

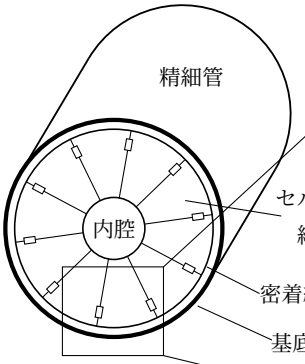


図 1

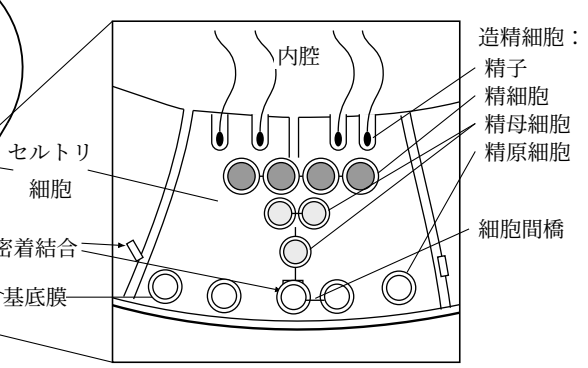


図 2

セルトリ細胞同士は基底膜の近くで密着結合によって結合しており，未分化な精原細胞は密着結合よりも基底膜側，減数分裂を終えた精子は密着結合より内腔側に存在する。④抗体や免疫系の細胞は密着結合を通過することができないため，この密着結合は血液－精巣関門と呼ばれる。

問 1. 文章中の〔 ア 〕～〔 カ 〕に入る適切な語句を答えなさい。

問 2. 下線部①に関して，母細胞の染色体数を $2n$ とすると，減数分裂の第一分裂完了後，第二分裂完了後では細胞あたりの染色体数はそれぞれいくつになるか。

問 3. 下線部②について，細胞間橋は切れないものと仮定する。1 つのつながっていない精原細胞が 3 回体細胞分裂を起こしてから減数分裂を起こした場合，最後に細胞間橋でつながっている精細胞の数は何個になるか。

問 4. 下線部③について，ある遺伝子改変マウスでは，雄のセルトリ細胞には異常がないが造精細胞が消失する。正常なマウスの精細管の断面の形を調べたところ，半径が 100 μm，内腔の半径が 20 μm だった（基底膜の厚みは考慮しない)。遺伝子改変マウスの精細管の断面の形を調べたところ，隙間のないセルトリ細胞だけでできた精細管が存在し，その半径は 100 μm のままで変化しなかったが，内腔の半径が 80 μm に広がっていた。正常なマウスにおけるセルトリ細胞全体と造精細胞全体の体積比はいくらか。最も簡単な整数の比で表しなさい。

問 5. 下線部④について，免疫系は性成熟以降に形成される精子を異物と認識すると仮定する。下線部④が働かないとどのような影響が生じると考えられるか。30 字以内で説明しなさい。

問 6. セルトリ細胞は，一般的な上皮細胞と異なる構造を持つ。一般的な上皮細胞の細胞接着について，次の (a)～(e) の説明から正しいものをすべて選びなさい。

(a) 密着結合は，細胞間接着の中で最も基底膜から遠い側に存在する。
(b) 上皮細胞と基底膜は，インテグリンを介して直接接着している。
(c) 密着結合は，上皮細胞間を強固に結合し，基底膜側と内腔側との間の物質の移動を制限する。
(d) 接着結合は上皮細胞の基底膜側に存在し，細胞内で中間径フィラメントと結合している。

(e) ギャップ結合では，管状のタンパク質が隣の細胞のものと結びつき，2 つの細胞間で小さな分子が移動できる。

4 次の文章を読み，以下の問いに答えなさい。

問 1. ジャック・モノーとともにオペロン説を提唱したフランソワ・ジャコブは，その後，オペロン説の原理がゲノム DNA 複製の制御にも通じるのではないかと考え，シドニー・ブレナーらとともに図 1 に示すような新たな仮説を提唱した。これはレプリコン説（レプリコンモデル）と呼ばれ，現在は多くの生物種でひとつの原理として実証されている。レプリコン説において，レプリケーターは DNA 複製を開始させる部位であり，ラクトースオペロンにおける〔 ア 〕と〔 イ 〕の役割を兼ね備えていると考えることができる。ラクトースオペロンにおける〔 イ 〕は〔 ウ 〕の結合部位であり，転写を開始させる役割をもつ。またラクトースオペロンにおける〔 エ 〕には〔 ア 〕に結合する性質があるが，レプリコン説におけるイニシエーターにはレプリケーターに結合し複製開始を促す役割がある。

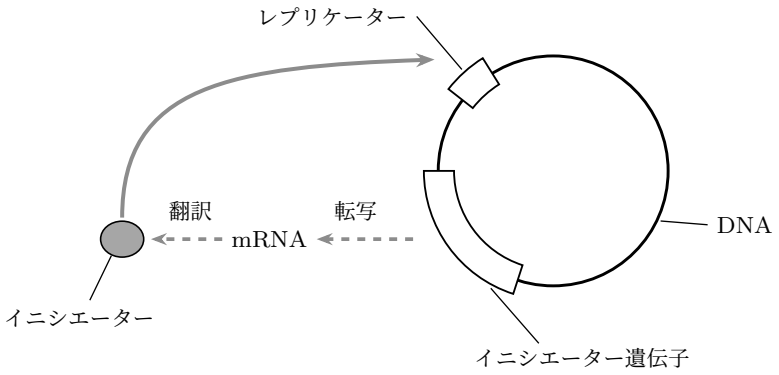


図 1

大腸菌のゲノム DNA は環状で約 460 万塩基対の長さをもち，レプリケーター（DNA 複製開始部位）を 1 箇所だけもつ。このレプリケーターには，大腸菌のイニシエーターが結合し〔 オ 〕を呼び込む。〔 オ 〕は DNA の二重らせん構造をほどいて一本鎖化しながら DNA 上を進む。これに引き続いて別の酵素により〔 カ 〕と呼ばれる短い RNA 鎖が合成される。〔 カ 〕に続けて DNA ポリメラーゼがはたらく。

DNA 複製を行なっている増殖中の大腸菌を集め，ゲノム DNA を抽出し，断片化した。また増殖していない大腸菌を集め同じ操作を行なった。それぞれの DNA 断片を蛍光色素で標識し一本鎖化した。そして，大腸菌ゲノムの遺伝子を網羅している DNA マイクロアレイを用いて，これら 2 種のサンプルの DNA 断片の相対量を解析した。その結果を図 2 に模式的に示す。横軸はゲノム全体を直線的に表した染色体地図であり，全体を 100% として示している。

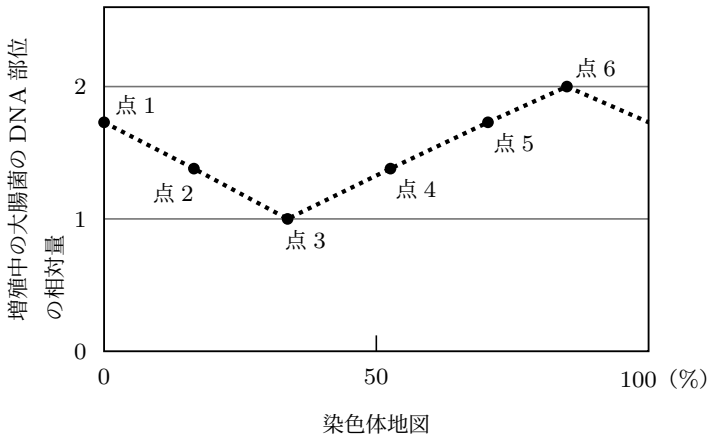


図 2

(1) 文章中の〔 ア 〕～〔 カ 〕に入る適切な語句を答えなさい。

(2) 培地にグルコースがなくラクトースが含まれる場合はラクトースオペロンの転写はどのようになるか，その原因と〔 エ 〕の役割も含めて 60 字以内で説明しなさい。

(3) 図 2 において，レプリケーター（DNA 複製開始部位）はどこにあると考えられるか，点 1～6 の中から選びなさい。またその答えを選んだ理由を 50 字以内で説明しなさい。

(4) DNA マイクロアレイは遺伝子の転写量の解析によく用いられる。このとき mRNA を鋳型にして，蛍光標識した相補的 DNA を合成するために用いられるタンパク質は何か答えなさい。

問 2. 野生株の大腸菌は 30 ℃から 42 ℃の間で活発に増殖できる。一方，DNA リガーゼの遺伝子にある変異をもつ大腸菌は 30 ℃では増殖できるが，42 ℃では増殖できなかった。またこの変異をもつ DNA リガーゼは 42 ℃では活性を失うことがわかっている。野生株とこの変異株の大腸菌をそれぞれ別個に 30 ℃で培養し，増殖中の大腸菌を 42 ℃の培養器に移してさらに一定の時間保温した後，ゲノム DNA を抽出した。その DNA サンプルを 1 本鎖化したのち，電気泳動法で分離して DNA を検出した。その結果，野生株から得た DNA サンプルに比べ，変異株から得た DNA サンプルでは，①電気泳動法で速く移動する 1 本鎖 DNA 断片が特に多く蓄積していることがわかった。この DNA 断片は DNA 複製の過程で合成されたものであった。

(1) 下線部①で示す DNA 断片の名称，および，この断片により形成される DNA 鎖の名称を答えなさい。

(2) 下線部①で示す DNA 断片が，変異株で蓄積される原因を 80 字以内で説明しなさい。

(3) 図 3 は複製開始部位とその周辺の DNA を表している。5′ と 3′ は DNA の 5′ 末端と 3′ 末端を示している。ここで示した領域 A〜D において，下線部①で示す DNA 断片に含まれている領域と相補的となっているものはどれか，すべて選びなさい。

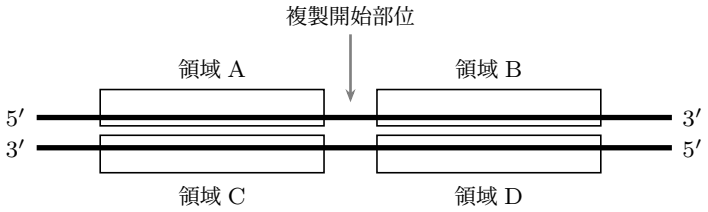


図 3

5 次の文章を読み，以下の問いに答えなさい。

1969 年に Buckminster Fuller は Operating Manual for Spaceship Earth という本を出版し，宇宙船地球号という考え方を世界中に広めたが，実際の地球と宇宙船には類似点もあれば相違点もある。国際宇宙ステーション（ISS）には日本を含む世界各国の宇宙飛行士が乗船し，様々な活動がおこなわれている。ISS のエネルギー源は太陽光であり，巨大な太陽電池パドルによって電力が供給されている。地球においては，葉緑体の〔 ア 〕にある色素タンパク質複合体によって太陽光が吸収され〔 イ 〕が電子を放出する。これが，電子伝達系を移動して光合成がおこなわれることで，ほぼ全ての生物のエネルギー源となっている。生態系の光合成などの代謝機能による有機物の合成は〔 ウ 〕と呼ばれる。〔 ウ 〕は光以外の環境要因によっても大きな影響を受け，陸上生態系では主に〔 エ 〕と〔 オ 〕によって決まる。一方，海洋生態系の外洋域では〔 カ 〕の影響が大きい。生態系におけるエネルギーは，光合成する植物から植物食性動物，動物食性動物へと移動していく。

問 1. 〔 ア 〕〜〔 カ 〕に入る適切な語句を答えなさい。

問 2. 1 本の植物体のなかで，陽葉と陰葉が生じることがある。陽葉と陰葉があることで，植物にはどのようなメリットがあるかについて，それぞれの葉の特徴を比較して 90 字以内で説明しなさい。

問 3. 生産者である植物のエネルギー効率は，それを食べる消費者のエネルギー効率よりも小さい。生産に利用されなかったエネルギーはどうなるか，60 字以内で説明しなさい。

問 4. ヒトは地球生態系における雑食性の動物と考えられる。近年，ダイズなどの植物原料から製造された「植物肉」の食品としての利用が世界的に注目されている。生態系のエネルギー効率を考えた場合，家畜の肉から植物肉への切り替えはどのような効果があると予想されるか，40 字以内で説明しなさい。

問 5. 森林では，植物の排出物である落葉は土壌表面で分解されている。森林生態系における落葉の分解と吸収過程について説明した文章の〔 キ 〕〜〔 ス 〕に入る適切な語句を，枠内から 1 つずつ選び，答えなさい。

落葉は〔 キ 〕に被食され，〔 ク 〕によって分解されて，含まれていた窒素化合物の一部は〔 ケ 〕になり，〔 コ 〕によって〔 サ 〕に変えられる。〔 ケ 〕や〔 サ 〕は〔 シ 〕から吸収され〔 ス 〕される。

窒素固定細菌，硝化細菌，窒素同化，窒素固定，光合成，呼吸， ミミズ，モグラ，菌類，根，葉，NH_4^+，NO_2^-，NO_3^-，N_2，O_2

問 6. ISS では 20 年以上にわたって宇宙飛行士達が生活し続けており，宇宙飛行士が排泄した汗や尿は装置に

よって再利用され，食料は地上から補給され，固形排泄物は専用容器に詰めて船外に放出されている。ISS を生態系として考えた場合，次の (a)〜(e) の説明から正しいものをすべて選びなさい。

(a) ISS の宇宙飛行士は生産者に位置する。

(b) ISS では分解者の能力が不足している。

(c) ISS の宇宙飛行士は地球の生態系の食物連鎖の一部である。

(d) ISS と地球の生態系は，宇宙飛行士や物質を通してのつながりがある。

(e) ISS のエネルギーは太陽電池によって供給されており，ISS 内で循環している。