

生 物

問 題

2020年度

〈R 02140017〉

注 意 事 項

1. この問題冊子は、解答パターンがBおよびCの受験生に配付されます。
2. この科目では、この問題冊子、および解答用紙（生物その1、生物その2）を配付します。
3. 試験開始の指示があるまで、問題冊子および解答用紙には手を触れないでください。
4. 問題は4～9ページに記載されています。試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚損等に気付いた場合は、手を挙げて監督員に知らせてください。
5. 解答はすべて、HBの黒鉛筆またはHBのシャープペンシルで記入してください。
6. 解答用紙記入上の注意
 - (1) 解答用紙の所定欄（2カ所）に、氏名および受験番号を正確に丁寧に記入してください。
 - (2) 所定欄以外に受験番号・氏名を記入した解答用紙は採点の対象外となる場合があります。
 - (3) 受験番号の記入にあたっては、次の数字見本にしたがい、読みやすいように、正確に丁寧に記入してください。

数 字 見 本	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

- (4) 受験番号は右詰めで記入し、余白が生じる場合でも受験番号の前に「0」を記入しないでください。

	万	千	百	十	一
(例) 3825番⇒		3	8	2	5

7. 解答はすべて所定の解答欄に記入してください。所定欄以外に何かを記入した解答用紙は採点の対象外となる場合があります。
8. 下書きは問題冊子の余白を使用してください。
9. 試験終了の指示が出たら、すぐに解答をやめ、筆記用具を置き解答用紙を裏返しにしてください。
10. 問題冊子は持ち帰ってください。
11. いかなる場合でも、解答用紙は必ず提出してください。

このページは下書きに使用してよい。

〔I〕 以下の問題文を読み、答えを解答欄に記入しなさい。

真核細胞が細胞数を増やすためにおこなう分裂を（ あ ）とよぶ。（ あ ）は、多細胞からなる生物の個体を形成するために、また単細胞生物が（ い ）生殖をおこなうために必須の分裂様式である。これに対して、減数分裂は、単細胞生物および多細胞生物が（ う ）生殖をおこなうにあたり、（ え ）を作るために用いられる分裂様式である。

両親からの（ え ）が合体してできた接合子は、その後（ あ ）を繰り返し、個体を形成する。両親からは一対ずつの染色体を受け継いでおり、生物種によっては雌雄で共通する（ お ）染色体と性別の決定にかかわる性染色体をもつものがある。

減数分裂では2回の染色体分配がおこなわれるが、1回目と2回目の染色体分配では本質的に異なる点がある。これを調べるために、ある単細胞生物を用いた以下の実験をおこなった。

【実験】

図1に示すように、雄性の（ え ）がもつ第1染色体上の動原体の近く（動原体から約30,000塩基対離れた距離）に位置するA遺伝子座に特殊なDNA配列を挿入した。このDNA配列に結合するタンパク質と緑色蛍光タンパク質（GFPという）との融合タンパク質を発現させることで、染色体のA遺伝子座が緑色の蛍光を発するようになった。これに対して、雌性の（ え ）の第1染色体のA遺伝子座には別の特殊なDNA配列を挿入することで、そこに赤色蛍光タンパク質（RFPという）を結合させて赤色の蛍光を発するようになった。これら両者からなる接合子を多数作製し、その後、減数分裂を誘導した（問2）。十分な解像度をもつ蛍光顕微鏡を用いて、減数第一分裂の直後に生じた連結した2細胞を観察すると、GFPやRFPの蛍光像が分離している様子が見られた（問3、問4）。

また、減数第二分裂において染色体が分配された直後の連結2細胞を同様に観察したところ、GFPやRFPの蛍光像について、減数第一分裂の場合とは異なる様子が観察された（問5）。

問1 空欄（ あ ）～（ お ）に入る適切な語句を解答欄に記入しなさい。

問2 減数第一分裂において、紡錘系による染色体分配が起きる直前の様子を模式的に示したものとして、最も適切なものを図2の中から記号で選び、さらに選んだ根拠を説明しなさい。

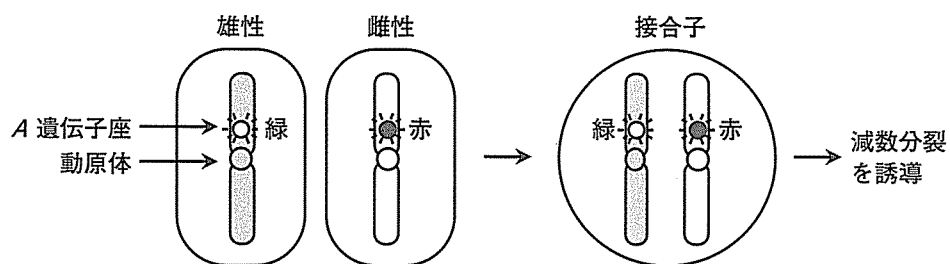
問3 減数第一分裂で染色体が分配された直後の連結2細胞を観察したときに、最も高い頻度で観察される蛍光像は図3のどれか。その記号を選び、その判断の根拠を、減数第一分裂における染色体の分配様式にみられる特徴を挙げながら説明しなさい。

問4 問3に関連して、2番目に高い頻度で観察される蛍光像はどれか。図3から記号を選び、このような蛍光像を示す細胞が生じる理由を説明しなさい。

問5 問3で選んだ、正常でかつ高頻度で観察された減数第一分裂後の細胞が次に減数第二分裂に移行し、染色体の分配が起きた直後にはGFPおよびRFPはどのような蛍光像を示すか。最も高い頻度でみられる蛍光像の配置を、解答欄の図の中に図3と同様の要領で記入しなさい。また、減数第二分裂における染色体分配の様式が、減数第一分裂の様式とどのように異なるのか具体的に説明しなさい。

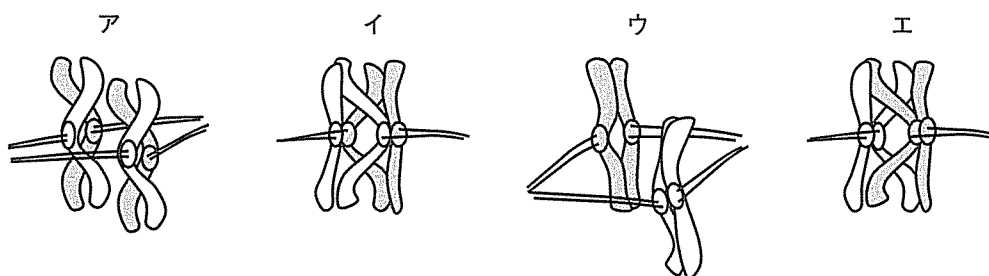
問6 ある遺伝子（B遺伝子とする）を完全に欠く変異体の接合子を用いて、同様の実験をおこなった。この変異体において、減数第一分裂をおこなった後に生じた連結2細胞を観察したところ、図4のAのような蛍光像を示す連結2細胞と、Iのような蛍光像を示す連結2細胞がほぼ同じ頻度で出現するという異常がみられた。B遺伝子から作られるタンパク質は、正しい減数分裂を起こすために具体的にどのような作用を染色体にもたらす因子だと推測されるか、考察しなさい。

図 1



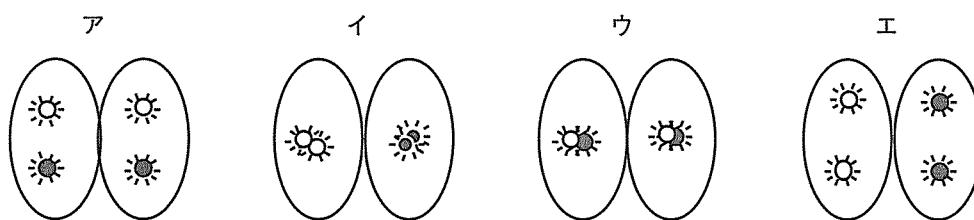
図中の第 1 染色体以外の染色体は省略してある。

図 2



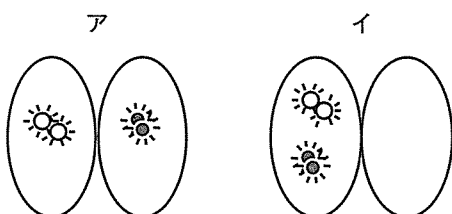
図中の染色体の色の違いは、図 1 と同様に雄性・雌性の違いを示す。

図 3



減数第一分裂の結果生じた連結 2 細胞と、その中に図 1 に示した 2 色の蛍光像が見られる様子を模式的に示している。

図 4



〔Ⅱ〕 以下の文章を読み、問いに答えなさい。

傷つけられた植物が高い再生能力を示すことは昔からよく知られている。たとえばジャガイモの塊茎（イモの部分）を切って土に埋めると、やがて根や芽が生えて植物体が再生してくる。植物では、単離した一つの細胞が分化全能性をもつことが示されている。この性質は、植物の高い再生能力をもたらしている。

植物体は傷つけられると、損傷部位にもともと存在していた様々な分化細胞が（あ）することで、（い）と呼ばれる不定形の細胞塊が形成される。（い）は傷口を覆うとともに、そこで新たな植物の幹細胞が作られ、組織の再編成の舞台となる。植物ホルモンの存在下で組織培養を行うと、（い）の形成を容易に誘導できる。細胞の（あ）や組織の再編成には、特に二つの植物ホルモン、オーキシンと（う）のバランスが重要である（問2）。

損傷だけでなく、感染によって植物体に（い）のような腫瘍が形成される場合がある。たとえば、感染菌の一種アグロバクテリウムは、オーキシンや（う）を合成する働きをもつ遺伝子を含む、T-DNAと呼ばれるDNA断片をもつ。アグロバクテリウムは植物体の一部の細胞にのみ感染し、T-DNAを植物細胞のゲノムに挿入して、感染した細胞の形質転換を行うことができる。アグロバクテリウムのT-DNAに特定のDNA断片を挿入し、さらに組織培養の技術を活用することで、植物体の全細胞あるいは特定の組織に遺伝子を導入する実験系が開発された（問3）。これは、植物の遺伝子工学的な研究を支える基盤技術である。

植物の分化全能性のしくみを調べるために、シロイヌナズナを用いて次のような実験をおこなった。まず、通常の個体では発現していないが、（い）でのみ発現している遺伝子を複数特定した。次に、遺伝子工学的な手法を用いて、これらの遺伝子を一つずつシロイヌナズナで過剰に発現させた。そのうちの遺伝子Wを過剰に発現させた植物体から組織を採取し、組織培養を試みたところ、植物ホルモンを含まない培地でも各組織から（い）が形成された。また、通常の個体（野生株）では胚軸を損傷させると（い）が誘導されるが、遺伝子Wを欠く変異体では抑制された。遺伝子Wを過剰に発現させた植物体では、（う）の合成系の遺伝子発現が促進されていた。一方、別の実験で特定された遺伝子Pにコードされるタンパク質Pは、遺伝子Wを含む多くの遺伝子の発現を抑制する。遺伝子Pを欠く変異体では、（い）の形成は（え）された。詳しく調べたところ、タンパク質Pは、ヒストンタンパク質をメチル化することがわかった（問4）。

問1 (あ) ～ (え) に入る適切な語句を答えなさい。

問2 オーキシシンと (う) が拮抗的に働く現象を一つ答えなさい。

問3 下線部に述べたように、T-DNA を植物の遺伝子改変の基盤技術に利用するためには、アグロバクテリウムの本
来の T-DNA に目的とする個別の遺伝子を挿入するだけでは不十分であり、T-DNA を予め改変しておく必要があ
る。本文を参考にしながら、どのような改変が必要か、二種類以上述べなさい。

問4 ヒストンのメチル化によって遺伝子の発現が抑制されたのはなぜか、考察しなさい。

問5 分化全能性とは何か、簡潔に説明しなさい。また、分化全能性と多能性の違いを説明しなさい。

問6 植物で分化全能性を持つ細胞を誘導・維持するしくみと、動物で多能性を持つ iPS 細胞を誘導・維持するしくみ
にはどのような共通点があるか、本文全体を読んだ上で述べなさい。その際、以下の用語をすべて用い、用語には
下線を引きなさい。(遺伝子 *W*、山中因子、未分化、ヒストン、遺伝子発現)

〔Ⅲ〕 以下の個体群に関する二つの話題を読み、答えを解答欄に記入しなさい。

話題 1

原生動物 X を大小 2 種類の容器で混合餌を与えて飼育したところ、小さい容器では図 1 A のような個体数変動を、十分に大きい容器ではそれとは異なる個体数変動を示した（問 1）。別の種類の原生動物 Y または Z を小さい方の容器で単独で飼育すると、個体数は図 1 B または図 1 C のような変動を示した。これらの原生動物を組み合わせ、小さい方の容器で以下の 3 つの飼育実験をおこない、個体数を毎日同じ時刻に計測した。ただし、どの実験でも混合餌を、その濃度が容器の大きさに関わらずおおよそ同一となるように毎日与え続け、排泄物と死骸を取り除いていた。また、餌の奪い合い以外に種間競争はなく、空間的な棲み分けがないこと、捕食・被食の関係にないこと、生殖の方法は観察期間中一定であること、異なる原生動物間（近縁種間も含む）で交配がないことを確認した。

実験 1： 原生動物 X と Y を混合飼育（結果を図 1 D に示す）

実験 2： 原生動物 X と Z を混合飼育（結果を図 1 E に示す）

実験 3： 原生動物 X, X'（X の近縁種）、Y の 3 種類の混合飼育

ただし、初日の個体数の比率は、実験 1 と実験 2 では 1 : 1、実験 3 では $X : X' : Y = 1 : 1 : 2$ とした。

問 1 下線部のような違いがなぜ生じたか説明しなさい。さらに、十分に大きい容器で飼育した場合の個体数変動の概略を解答欄のグラフ（図 1 A と同じグラフが示されている）に描きなさい。

問 2 実験 1 の 2 種類の原生動物では食性や摂餌量は同じであることがわかっている。図 1 B と図 1 C のうちどちらが原生動物 Y の単独飼育の個体数変動を示しているか記号（B または C）で答え、それを選んだ理由を簡単に説明しなさい。さらに、図 1 D の（あ）、（い）に対応する動物種の記号を（X, Y）から選んで書きなさい。

問 3 実験 2 で用いた原生動物 Z の単独飼育の個体群変動のプロットは問 2 で選ばれなかった方（図 1 B または図 1 C）である。図 1 E に示すように、原生動物 X は、単独で飼育した場合（図 1 A）と比べて個体数がわずかに小さい値に収束し、Z と共存している。これらのことから、X と Z の種間競争についてどのようなことがいえるか書きなさい。

問 4 実験 3 の原生動物 X' の単独飼育の個体群変動のプロットは図 1 A とほぼ同じで、その他の習性も原生動物 X のものと同じである。実験 3 の 3 種類の個体数はどのような時間経過をたどるか、グラフを描きなさい。そのとき、3 種類のプロットが区別がつくように工夫し、さらに、プロットと動物の対応関係がわかるように図中に示しなさい。

話題 2

動植物の個体群は図 2 のように特徴的な配置パターンを示すことがある。図 2 A は他個体の配置とは無関係なランダム配置、図 2 B は個体が密に集合した配置、図 2 C はおおよそ一定の距離を置いた配置である。魚群や草食動物の群れでは、より強大な捕食動物から身を守るために個体間で互いに引き合う力が働き、その結果図 2 の（う）のような配置になる。これらに類似した配置は、多細胞生物の組織中でも見られることがある。例えば、イモリの発生過程において、神経胚から、表皮になる部分の細胞と神経板の細胞を分離し混合して再培養すると、内側に神経板細胞群が自発的に再集合することが知られている（問 6）。また、網膜などの神経細胞では、同種の細胞から伸びる樹状突起が互いに重なり合わないよう平面状に広がる事例が知られており、このとき細胞の中心（細胞体）は図 2 C のように配置される（問 7, 8）。

問5 (う)に入る適切な配置の記号をA, B, Cから選び答えなさい。

問6 下線部の例で神経板細胞群が自己集合するのは細胞間にどのような作用があるためか、そのしくみを具体的に答えなさい。

問7 個体群で図2Cの配置となる動植物の事例を一つあげ、個体間でどのような作用が働いてそのような配置になるのか述べなさい。

問8 下線部の例でどのようなしくみがあれば、樹状突起が重なり合わないよう広がることができるか考えて答えなさい。

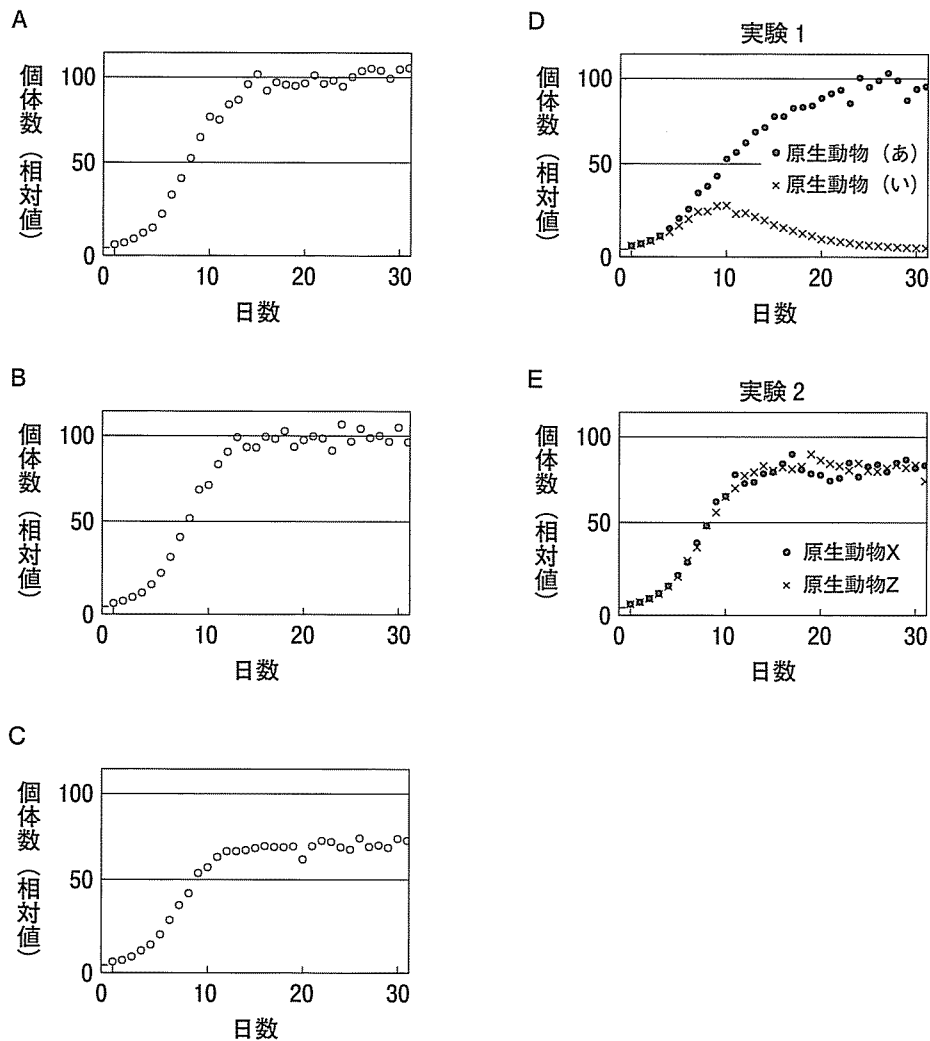


図1 個体数と日数の関係：個体数は相対値（基準値はすべて共通）で示している。

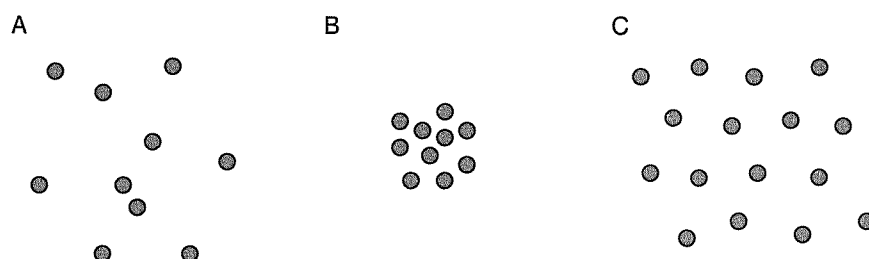


図2 個体群の空間パターンの例

[以 下 余 白]

〔以 下 余 白〕

