

# 生 物

教育学部 200点

## 注 意 事 項

1. 問題は、**1** から **4** までの計4問です。
2. **1** から **4** までのすべてを解答しなさい。
3. 解答用紙は、(4の1)から(4の4)までの計4枚です。解答は、すべて解答用紙の指定欄に記入しなさい。
4. 必ず解答用紙のすべてに、本学の受験番号を記入しなさい。
5. 印刷不鮮明およびページの落丁・乱丁等に気づいた場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
6. 問題冊子の余白等は適宜利用してよい。
7. 試験終了後、問題冊子は持ち帰りなさい。

1 次の文章を読み、問1～問7に答えよ。

生物がさまざまな生命活動を営むためには、エネルギーが必要である。植物などは、太陽からの光エネルギーを利用してATPをつくり、そのATPのエネルギーを使ってデンプンなどの有機物を合成する。また、この有機物を分解し、そのとき取り出されるエネルギーを利用してATPを合成している。一方、動物は、植物がつくった有機物を取りこみ、ATPを合成し、生命活動のエネルギー源として利用している。

生物が細胞内で有機物を分解し、効率よくエネルギーを得る過程を呼吸とい、1分子のグルコースが酸素の存在下で酵素反応により $\text{CO}_2$ と $\text{H}_2\text{O}$ とに分解されると、最大 (a) 分子のATPがエネルギーとして取り出される。この過程は、次の3つの経路から成り立っている。経路Iでは、酸素を必要とせず1分子のグルコースが (b) 分子の炭素数3の (ア) に分解される。この経路では、1分子のグルコースが分解され (c) 分子のATPを消費して (d) 分子のATPが生じ、差し引き (e) 分子のATPが合成される。続いて、経路Iで生じた (ア) はある細胞小器官に運ばれ、経路IIに入る。この経路では炭素数2のアセチル CoA となり、炭素数4の化合物である (イ) と結合して炭素数6の (ウ) となる。(ウ) は段階的に分解され、いくつかの反応を経て再び (イ) となる。この経路は循環的な回路となっており、1分子の (ア) から (f) 分子の $\text{CO}_2$ と (g) 分子のATPが生成される。この経路で取り出された (エ) は還元型補酵素(NADHと $\text{FADH}_2$ )を介して、電子( $e^-$ )と (オ) とに分かれ、電子は経路IIIを経由し、最後は $\text{O}_2$ と結合して (カ) となる。経路IIIではグルコース1分子から最大 (h) 分子のATPが合成される。呼吸商(RQ)は呼吸により吸収される $\text{O}_2$ の量と、放出される $\text{CO}_2$ の量の比である。呼吸では、グルコースなどの炭水化物のほか脂肪やタンパク質も代謝基質として利用されるが、代謝基質が異なると吸収される $\text{O}_2$ と放出される $\text{CO}_2$ の比は異なることが予想される。

一方、植物の光合成では、光エネルギーを利用して炭酸同化が行われ、 $\text{CO}_2$ を有機物に変え $\text{O}_2$ が発生する。この反応は植物細胞の (キ) で行われる。

また、細菌には、光エネルギーや化学エネルギーを用いて炭酸同化を行うものが知られている。④ 緑色硫黄細菌や紅色硫黄細菌などの光合成細菌は、光合成色素のバクテリオクロロフィルによって光エネルギーを吸収し、光合成を行う。ある種の細菌は無機物の酸化反応から得られるエネルギーを利用して二酸化炭素から有機物を合成する。このような炭酸同化を  という。土壌中に生息する亜硝酸菌は動物や植物の排泄物や遺体から生じる  を酸化して亜硝酸イオンに変え、硝酸菌は亜硝酸イオンを酸化して硝酸イオンに変える。この過程を  という。

問 1. 下線④について、このような生物を何というか。植物、動物についてそれぞれ答えよ。

問 2. 文中の  ~  に入る適切な語句を答えよ。また  ~  に入る適切な数字を答えよ。

問 3. 経路Ⅰ～Ⅲは何とよばれるか名称を答えよ。また経路Ⅰは細胞内のどの部位で、経路ⅡとⅢは何という細胞小器官のどの部位で行われているかを答えよ。

問 4.

- (1) 経路Ⅰ、Ⅱで行われる ATP 合成は、基質が酵素反応によって分解されて ATP が合成される反応である。この反応を何というか答えよ。
- (2) 経路Ⅲは NADH などの基質の酸化を利用し、ADP がリン酸化され ATP が合成される反応である。この反応を何というか答えよ。

問 5. 下線②と③に関してそれぞれの問いに答えよ。ただし、原子量は  $C = 12$ ,  $H = 1$ ,  $O = 16$  とする。

(1) 下線②の反応でグルコース  $90\text{ g}$  が完全に分解されるとき、消費される  $O_2$  と発生する  $CO_2$  はそれぞれ何  $\text{g}$  か答えよ。

(2) 下線③の反応でグルコース  $90\text{ g}$  が生成されるとき、発生する  $O_2$  は何  $\text{mol}$  か答えよ。

問 6. 下線④の光合成細菌が行う光合成では、植物の光合成と異なり、酸素が発生しない。その理由を  $60$  字以内で説明せよ。

問 7. 糖、アルコール、脂肪酸それぞれを代謝基質とした場合の RQ を、グルコース、エタノール ( $C_2H_5OH$ )、リノール酸 ( $C_{18}H_{32}O_2$ ) を選んで比較した。RQ を大きい順に並べよ。

2 次の文章を読み、問1～問7に答えよ。

生物は限りある資源を利用し、同じ種の他の個体との関係だけでなく、他の種の個体とも、直接的または間接的に相互に影響を与えあいながら生活している。ある一定の地域に生息する同種の個体の集まりを個体群という。個体群の大きさは、単位空間または単位面積あたりの個体数で示した個体群密度で表される。次の(I)および(II)は、動物と植物の個体群内や個体群間においてみられるさまざまな相互作用に関する説明である。

(I) 個体群密度の変化にともなって、個体群の成長や増殖率などが変化することを密度効果という。ショウジョウバエの雌雄一対を飼育瓶の中で飼育すると、はじめは個体数が (ア) に増加していくが、やがて増加の速度が (イ) になり、ある一定の個体数に達するとそれ以上は増加しなくなる。<sup>①</sup>このような、ある環境で存在できる最大の個体数を (ウ) という。

(エ) 関係がみられる異種の個体群間では、被食者の個体数が捕食者の個体数に大きな影響を与えることもある。植食性のハダニの個体群とハダニを食べるカブリダニの個体群のみを同じ容器で飼育したところ、やがてカブリダニがハダニを食べ尽くし、カブリダニも食物がなくなり、両者ともに死滅した。次に、<sup>②</sup>カブリダニがハダニを食べ尽くせない条件で飼育したところ、それぞれの個体数は図1のように周期的に変動し、ハダニとカブリダニは共存した。

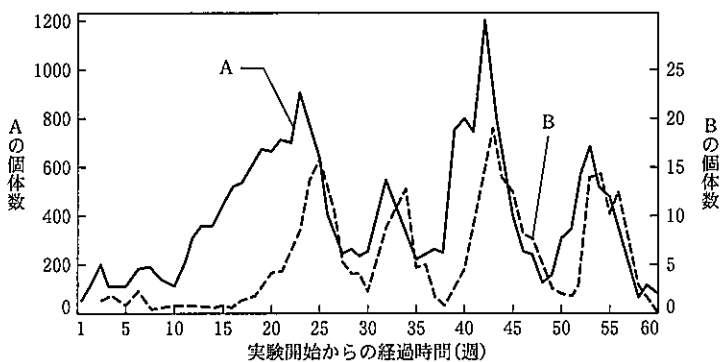


図1. ハダニとカブリダニの個体数の変動

問 1. 文中の (ア) ~ (エ) に入る適切な語句を答えよ。

問 2. 下線①について、その原因を 70 字以内で説明せよ。

問 3. 図 1 において、ハダニの個体数の変動を示した線は A または B のどちらか答えよ。

問 4. 下線②について、ハダニとカブリダニの個体数の変動が周期的になる理由を 130 字以内で説明せよ。

(II) 植物でも密度効果がみられる。個体群密度を変えてダイズの種子をまいたとき、個体の平均重量は個体群密度が (オ) ほど小さくなる。一方、個体群全体の重量は、個体群密度の違いに関わらず、成長に伴って一定の値に近くなる。これを (カ) の法則という。

図 2 はよく成長した広葉型草本植物の同化器官、非同化器官と光の強さの空間的な分布を示したものである。ダイズも同様の分布を示すため、図 2 からダイズの光の利用のしかたを知ることができる。ダイズを畑で育てる場合、一定の間隔で種子をまく(たとえば、畝(うね)の間隔 35 cm と株の間隔 15 cm)。図 3 に、ダイズの成長に伴う植被率と遮光率の推移を 2 つの条件(まく畝の間隔 35 cm と 70 cm(株間は 15 cm 一定))での計測例を示した。植被率はある面積においてダイズの茎葉が占有する面積の割合、遮光率は植物群集最上部の照度に対する植物群集最下部(地表面)の照度の比率を示す。なお、定期的な除草により発生するダイズ以外の植物は取り除いた。

一方、除草を行わない試験区において、ダイズ以外の植物の発生量を調査したところ、ダイズを畝の間隔 35 cm でまいた場合、畝の間隔 70 cm でまいた場合の約 1/5 に減少した。このようにダイズのまく間隔を変えるとダイズ以外の植物の発生量にも影響する。

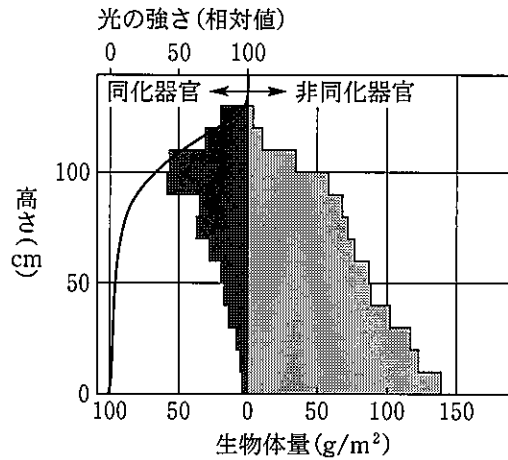


図 2. 広葉型草本植物群集の同化器官、非同化器官と光の強さの空間的な分布

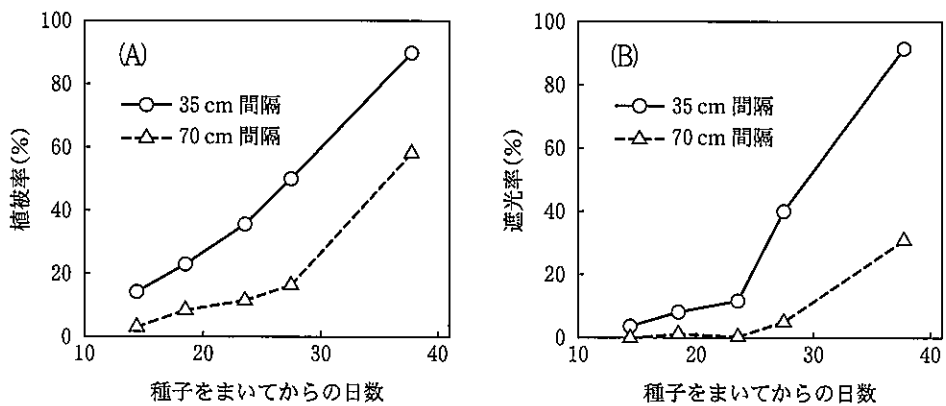


図 3. ダイズの植被率(A)と遮光率(B)の推移

問 5. 文中の  と  に入る適切な語句を答えよ。

問 6. 下線③を示した図 2 の名称を答えよ。また、図 2 から読み取れるダイズの葉の配置を 30 字以内で説明せよ。

問 7. 下線④について、図 3 よりダイズの種子をまく間隔を狭くすると、ダイズ周辺においてダイズ以外の植物の発生量が少なくなる理由を 90 字以内で説明せよ。

3 次の文章を読み、問1～問6に答えよ。

動物の生殖細胞は (ア) という器官で作られる。生殖細胞を作るもととなる細胞は、 (イ) 生殖細胞と呼ばれ、オスでは (ウ) ，メスでは (エ) で分化し、それぞれ (オ) 細胞、 (カ) 細胞になる。これら2種類の細胞は、それぞれ分裂を繰り返し、 (キ) 細胞や (ク) 細胞になる。その後、 (ケ) の過程に入り、 (コ) 回の分裂を行い、それぞれ精子と卵になる。

ショウジョウバエの卵は、受精した後、前後軸が確定する。その間、卵は多核体となる。次に核が表層へ移動して胞胚を形成し、順に胚葉の形成、原腸の形成、体節の形成を行う。その後、組織・器官が形成されて幼虫になり、さなぎになった後、羽化して成虫となる。

問1. 文中の (ア) ～ (コ) に入る適切な語句を答えよ。

問2. ショウジョウバエの卵の種類および卵割の様式について、以下の用語の中から適切なものをそれぞれ一つ選んで記号で答えよ。

- (a) 等黄卵 (b) 不等卵 (c) 中心卵 (d) 心黄卵 (e) 端黄卵  
(f) 中央割 (g) 不等割 (h) 表割 (i) 盤割 (j) 面割

問3. 下線①の前後軸確定に関する以下の(a)～(d)の文の中から正しいものを一つ選び、その記号を答えよ。

- (a) どちら側が前になるかは未受精卵内にあるいくつかの mRNA の濃度勾配により既に方向づけられている。  
(b) 受精後、すぐに卵内の細胞が動き始め、頭部を形成するタンパク質が多く集まった方が前となり、反対側が後となって前後軸が決まる。  
(c) ショウジョウバエでは、精子が進入した部位にある mRNA がはたらき、そちら側が前になる。  
(d) 受精直後に mRNA がはたらき、すぐに頭部ができ、その位置情報でその他の器官が順番にでき、その結果、前後軸が決まる。



問 4. ショウジョウバエの前後軸が確定する際に、受精直後から位置情報を持つ 2 種類の mRNA がはたらく。前後軸確定に至る過程を、それらの遺伝子やタンパク質の名称を用いて、140 字以内で説明しなさい。

問 5. 下線②の多核体が形成される過程について、以下の(a)~(d)の文の中から正しいものを一つ選び、その記号を答えよ。

- (a) 細胞質が分裂した後、細胞の肥大を伴わず次の分裂が起こる。
- (b) DNA の複製を伴わず分裂が繰り返され、 $2n$  で止まる。
- (c) 核分裂のみが起こり、細胞質分裂が起こらない。
- (d) DNA を大量に含む核が最初にでき、それが一気に分裂する。

問 6. 下線③の体節が形成された後、体節が何を形成するか特徴付ける遺伝子のはたらくが、このことについて以下の(a)~(d)の文の中から正しいものを一つ選び、その記号を答えよ。

- (a) アポトーシス遺伝子が発現することによって組織が器官になり、体節が特徴付けられる。
- (b) 卵内にある一種類のオーガナイザー遺伝子が、発現する場所によって調節遺伝子となり、その体節を特徴付ける。
- (c) 卵内にある一種類のホメオティック遺伝子が、発現する場所によって調節遺伝子となり、その体節を特徴付ける。
- (d) それぞれの体節で発現する別々のホメオティック遺伝子はその体節を特徴付ける。

4 問1～問3に答えよ。

問 1. 以下の文章を読み、 ～  に入る適切な語句を下記の選択肢の中から答えよ。

遺伝情報を担う物質はDNAである。ある生物の配偶子が持つ全ての遺伝情報を  という。ヒトでは30億塩基対ほどあると考えられている。

真核細胞では、タンパク質が発現するときは、発現調節領域のプロモーター領域に  と  が結合し、 が開始される。 前駆体が合成されたあと、 前駆体が  され、イントロンが取り除かれて  が合成される。 は核外に移動し、細胞質で  と  によって  され、遺伝情報に対応したタンパク質が合成される。

選択肢：RNAポリメラーゼ、DNAポリメラーゼ、リボソーム、ヌクレオソーム、ゲノム、転写、翻訳、スプライシング、mRNA、tRNA、基本転写因子

問 2. 以下の(ア)～(ク)の説明から正しいものを3つ選び、記号で答えよ。

- (ア) 開始コドンはアルギニンである。
- (イ) 終止コドンはアミノ酸をコードしない。
- (ウ) DNAの二重らせんはお互いに同じ方向に組み合わせられて出来ている。
- (エ) 岡崎フラグメントは3'から5'の方向に合成される。
- (オ) DNAの複製は2本鎖DNAの片方の鎖が鋳型となり、それぞれに新しい1本鎖が作られ、元と同じ2本鎖が2本形成される半保存的複製である。
- (カ) DNAの突然変異は紫外線など外部刺激によっても起こる。
- (キ) DNAの突然変異は1塩基の挿入では形質に大きな影響は無い。
- (ク) ゲノムの塩基配列は同じ生物種であれば個体間で全く同じである。

問 3. 以下の文章を読み、(1)~(4)の問いに答えよ。

バイオテクノロジーでは特定の遺伝子を増幅し、様々な生物に導入して遺伝子導入生物を作ることができる。

(1) ポリメラーゼ連鎖反応法(PCR 法)は、特定の配列の DNA を増幅する方法である。ここでは、鋳型となる DNA を準備し、プライマー、DNA ポリメラーゼ、A、T、G、C のヌクレオチドをそれぞれ加え、①95℃、1分、②55℃、15秒、③72℃、2分、の反応を順番に行う。①~③を繰り返して行うことで連鎖的に DNA が増幅される。①から③の反応はそれぞれ何のための反応か。以下の(A)~(D)からそれぞれふさわしいものを選び、記号で答えよ。

- (A) 鋳型 DNA を複製させる。
- (B) 鋳型 DNA 同士を結合させて二本鎖にする。
- (C) 鋳型 DNA を変性させて一本鎖にする。
- (D) プライマーを鋳型に結合させる。

(2) 制限酵素で切断した DNA 断片を同じ制限酵素で切断したベクターと連結させる酵素名を答えよ。

(3) 以下の文章を読み、問いに答えよ。

プラスミド(ベクター)A に組み込まれている緑色蛍光タンパク質(GFP)の遺伝子を制限酵素で切り出し、別のベクター B に組み込む実験を行った。GFP があらかじめ組み込まれたベクター A の GFP 遺伝子の両端を制限酵素 X で切断し、GFP 遺伝子を精製した。またベクター B を同じ制限酵素 X で切断し、GFP 遺伝子をベクター B に連結させる反応を行った(図4)。連結反応後、得られた環状 DNA をそれぞれ分離し、精製した。その結果3つの様々なベクターが得られた。3つのベクターを別の制限酵素 Y で切断し、電気泳動を行った。図5が電気泳動した結果である。電気泳動では分子量の大きな DNA 分子ほど移動が遅く、小さいほど速い。①から③のベクターについて、分子量マーカーと比較しながら切断断片のサイズを類推し、以下の(A)~(D)からそれぞれふさわしいものを選び、記号で答えよ。

なお、ベクターの模式図の数字はベクター上のプロモーター領域が始まる塩基を1とした塩基数(base pair, bp)を示し、ベクター A には GFP は100 bp の位置に組み込まれている。ベクター A は全長 3000 bp, ベクター B は全長 6000 bp で、GFP の全長は 720 bp である。制限酵素 Y の切断部位は GFP 上に5' から 200 bp の位置に一つ、ベクター B の制限酵素 X の切断部位から 200 bp の位置に一つ存在している。

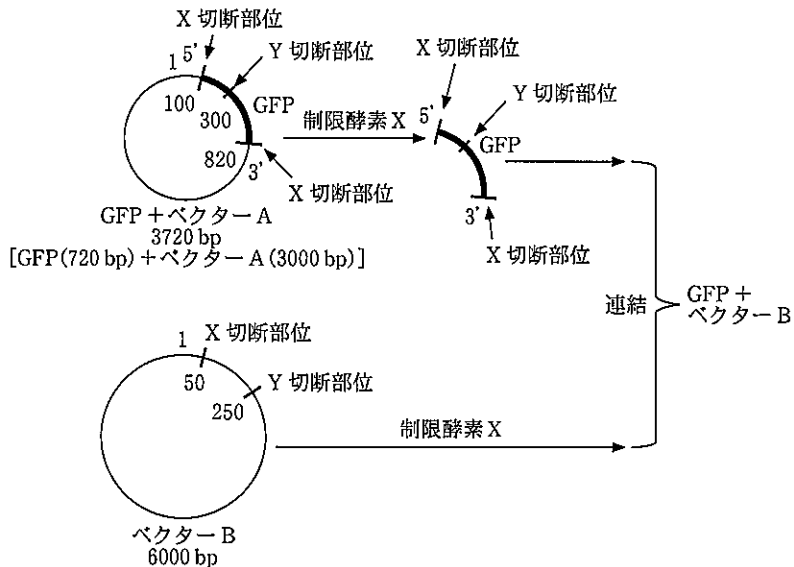


図 4. GFP 遺伝子をベクター B に連結する過程の模式図

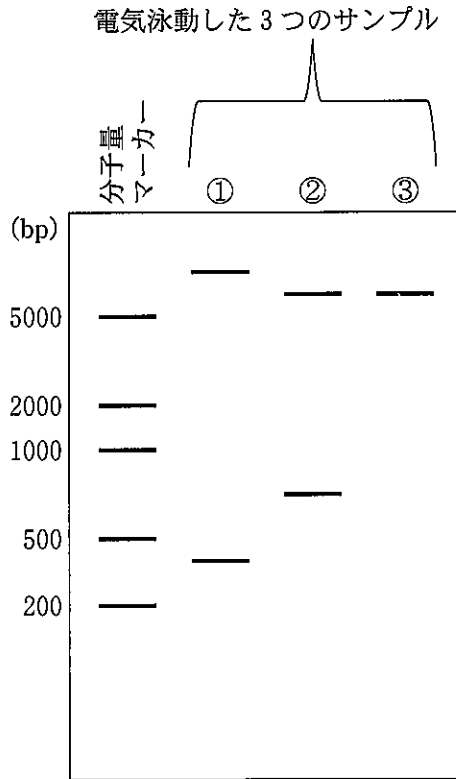


図 5. 3つのベクターを制限酵素 Y で切断後、電気泳動した結果

- (A) ベクター A に GFP が組み込まれた元のベクター
- (B) GFP が組み込まれていないベクター B
- (C) ベクター B に GFP が正しい方向で組み込まれたベクター
- (D) ベクター B に GFP が逆向きに入ったベクター

(4) 外来遺伝子を生物に導入する技術を利用した具体例を一つ挙げ、40 字以内で説明せよ。ただし GFP の利用以外の例を挙げよ。