

※ 機械工学科を志願する場合は、理科の科目中「生物」の点数は採用されません。

生 物

(注意) 解答は、解答用紙の解答欄にマークすること。

1 遺伝子の発現調節と体細胞分裂に関する次の文章 A・B を読み、以下の問いに答えよ。

A 生合成されるタンパク質の情報は、遺伝子として DNA に書き込まれている。発現する遺伝子の種類とその発現量は、環境の変化に応じて調節されている。遺伝子発現の調節においては、転写の段階での調節が重要である。原核生物における遺伝子発現の調節と真核生物における遺伝子発現の調節には、それぞれ特徴的なしくみがある。

大腸菌では、機能的に関連のある遺伝子が隣接して存在し、まとめて転写の調節を受けることがある。例えば、ラクトースを栄養源として利用するために必要な複数の遺伝子が、まとめて転写の調節を受ける。このような遺伝子群のまとまりを という。 において、転写に関わる塩基配列のうち、RNA ポリメラーゼが結合する領域をプロモーターといい、リプレッサーという調節タンパク質が結合する領域を という。リプレッサーが に結合すると、転写が される。

真核生物の染色体では、DNA が に巻きついて、ヌクレオソームとよばれる構造となり、これが密に折りたたまれている。この折りたたみがゆるめられ、プロモーターに と RNA ポリメラーゼとが結合して、転写が開始される。多くの場合、転写によって合成された RNA の塩基配列の一部が において取り除かれ、mRNA となる。この過程をスプライシングという。

問 1 文章 A 中の ～ に当てはまる語句として最も適当なものを、次の①～⑤の中からそれぞれ一つずつ選べ。

- ① 抑制 ② 促進 ③ プライマー ④ オペレーター ⑤ オペロン

問2 文章 A 中の i ~ iii に当てはまる語句の組合せとして最も適当なものを、次の①～⑧の中から一つ選べ。

エ

	i	ii	iii
①	DNAポリメラーゼ	基本転写因子	核内
②	DNAポリメラーゼ	基本転写因子	細胞質基質
③	DNAポリメラーゼ	リボソーム	核内
④	DNAポリメラーゼ	リボソーム	細胞質基質
⑤	ヒストン	基本転写因子	核内
⑥	ヒストン	基本転写因子	細胞質基質
⑦	ヒストン	リボソーム	核内
⑧	ヒストン	リボソーム	細胞質基質

問3 文章 A 中の下線部に関連して、ラクトースを分解する酵素の遺伝子の転写を調節するしくみの記述として最も適当なものを、次の①～⑥の中から一つ選べ。

オ

- ① RNAポリメラーゼは、ラクトースに由来する物質と結合することによって、プロモーターに結合できるようになる。
- ② RNAポリメラーゼは、ラクトースに由来する物質と結合することによって、プロモーターに結合できなくなる。
- ③ リプレッサーは、ラクトースに由来する物質と結合することによって、転写を調節する塩基配列に結合できるようになる。
- ④ リプレッサーは、ラクトースに由来する物質と結合することによって、転写を調節する塩基配列に結合できなくなる。
- ⑤ ラクトースが存在するときは、リプレッサーがつくられない。
- ⑥ ラクトースが存在しないときは、リプレッサーがつくられない。

B 動物のからだを構成する細胞(体細胞)は成長し、二つの娘細胞へと分裂する。この一連の過程で、複製されたDNAは等しく分配される。細胞は、「DNAの複製を行う時期」、「DNAの複製完了から分裂開始までの時期」、「分裂期」、および「分裂完了からDNAの複製開始までの時期」の4つの時期を繰り返す。これを細胞周期という。細胞周期に関する下記の実験1と実験2を行った。

実験1 ある動物細胞を培養し、10時間ごとに細胞密度(培養液1mLあたりの細胞数)を調べたところ、図1の結果が得られた。培養開始から50時間後に細胞を一部採取し、DNAを染色して観察したところ、凝縮した染色体をもつ細胞が10%見られた。

実験2 図1の培養開始から50時間後の細胞の集団における細胞あたりのDNA量を調べたところ、図2の結果が得られた。

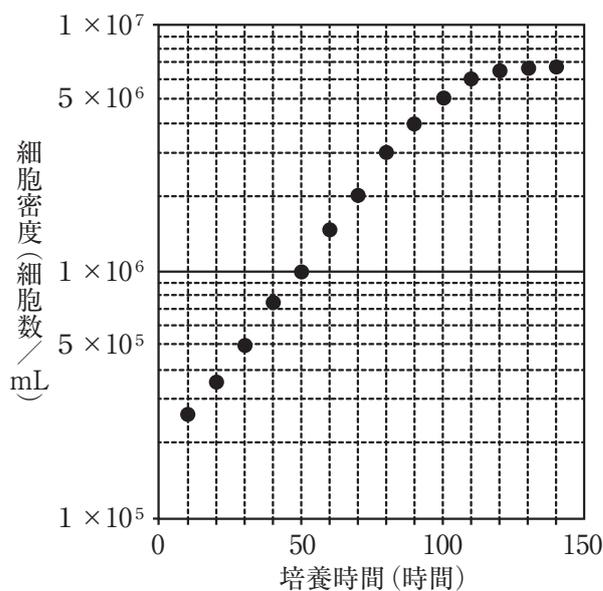


図1

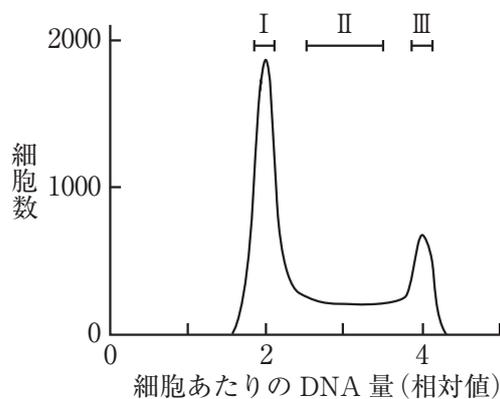


図2

問4 実験1で観察した細胞の細胞周期の中で、「分裂期」に要する時間として最も適当なものを、次の①～⑦の中から一つ選べ。

- ① 1 ② 2 ③ 5 ④ 10 ⑤ 20 ⑥ 50 ⑦ 100

カ

問5 実験2に関連して、下記の文章中の iv ~ vi に当てはまる記号の組合せとして最も適当なものを、次の①～⑨の中から一つ選べ。

キ

細胞あたりのDNA量が、図2中のI、II、およびIIIの範囲において、iv の範囲にある細胞は、「DNAの複製を行っている時期」の細胞である。v の範囲にある細胞は、「DNAの複製完了から分裂開始までの時期」または「分裂期」の細胞である。vi の範囲にある細胞は、「分裂完了からDNAの複製開始までの時期」の細胞である。

	iv	v	vi
①	I	II	III
②	I	III	II
③	I	IIとIII	III
④	II	I	III
⑤	II	III	I
⑥	II	IとIII	III
⑦	III	I	II
⑧	III	II	I
⑨	III	IとII	II

2 光合成に関する次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

チラコイド膜に存在する^(a)光合成色素が光エネルギーを受容すると、電子の放出が促され、光化学系Ⅱで **ア** が分解されて **イ** が生じる。光化学系Ⅱから光化学系Ⅰに流れた電子は、**ウ** に受け取られて **エ** が生じる。この過程を電子伝達系といい、この過程を経てチラコイド膜内外の水素イオン (H^+) の濃度勾配が形成される。この濃度勾配を解消する力を利用して ATP 合成酵素のはたらきにより^(b)ADP から ATP が合成される。

次に、**エ** と ATP は、二酸化炭素を固定する同化反応にエネルギーを供給する。気孔から取り込まれた二酸化炭素 1 分子は **オ** という酵素のはたらきによって、1 分子の^(c)リブローズビスリン酸 (RuBP) と反応し、2 分子の^(d)ホスホグリセリン酸 (PGA) ができる。さらに PGA は^(e)グリセルアルデヒド-3-リン酸 (GAP) に変換される。生じた GAP の一部はグルコースなどの有機物合成に使われ、一部は RuBP の再生産に使われる。このように二酸化炭素を固定化する反応経路は循環しており、**カ** 回路と呼ばれる。

問 1 文章中の **ア** と **イ** に当てはまる語句として最も適当なものを、次の①～⑤の中からそれぞれ一つずつ選べ。

- ① 二酸化炭素 ② 酸素 ③ 過酸化水素 ④ アンモニア ⑤ 水

問 2 文章中の **ウ** と **エ** に当てはまる語句として最も適当なものを、次の①～⑥の中からそれぞれ一つずつ選べ。

- ① NAD^+ ② $NADP^+$ ③ FAD ④ NADH ⑤ NADPH ⑥ $FADH_2$

問 3 文章中の **オ** に当てはまる語句として最も適当なものを、次の①～⑤の中から一つ選べ。

- ① アミラーゼ ② カタラーゼ ③ トリプシン ④ ペプシン ⑤ ルビスコ

問 4 文章中の **カ** に当てはまる語句として最も適当なものを、次の①～③の中から一つ選べ。

- ① オルニチン ② クエン酸 ③ カルビン・ベンソン

問5 文章中の下線部(a)の光合成色素に関して、クロロフィル a が吸収する光の色として最も適当なものを、次の①～⑥の中から一つ選べ。

キ

- ① 緑のみ ② 緑と黄色 ③ 青紫のみ
 ④ 赤のみ ⑤ 青紫と黄色 ⑥ 青紫と赤

問6 文章中の下線部(b)の過程の名称として最も適当なものを、次の①～⑤の中から一つ選べ。

ク

- ① リン酸付加 ② 脱リン酸化 ③ 酸化的リン酸化
 ④ 光リン酸化 ⑤ 光異性化

問7 文章中の下線部(c), (d), (e)のそれぞれの分子の炭素数の組み合わせとして最も適当なものを、次の①～⑧の中から一つ選べ。

ケ

	リブローズビスリン酸 (RuBP)	ホスホグリセリン酸 (PGA)	グリセルアルデヒド-3-リン酸 (GAP)
①	3	3	4
②	3	3	5
③	3	5	5
④	4	3	4
⑤	4	3	5
⑥	5	3	3
⑦	5	3	4
⑧	5	5	3

問8 文章中の に関連して，下記の反応経路 i ~ iii に関するエネルギー供給に関する記述として最も適当なものを，次の①~④の中からそれぞれ一つずつ選べ。

- i. 二酸化炭素がリブローズビスリン酸と反応し，ホスホグリセリン酸ができる反応
- ii. ホスホグリセリン酸がグリセルアルデヒド-3-リン酸まで変換される過程
- iii. グリセルアルデヒド-3-リン酸からリブローズビスリン酸が再生産される過程

i :
ii :
iii :

- ① と ATP のいずれも不要である。
- ② のみを必要とする。
- ③ ATP のみを必要とする。
- ④ と ATP の両方を必要とする。

3 減数分裂に関する次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

ムラサキツユクサの花粉形成における減数分裂の過程を、次のような方法で観察した。

観察方法

1. ムラサキツユクサの蕾塊^{らいかい}を用意する。(成熟した蕾^{つぼみ}から未成熟な蕾まで各段階のものが見られる塊を選ぶ)。
2. 適当な大きさの蕾(直径2～3mm程度)を選び、スライドグラスにのせ、柄付き針で蕾を開き、若い葯^{やく}を取り出す(若い葯はやや白い)。
3. 若い葯を柄付き針でつぶし、内容物をスライドグラス上に広げ、をたらし、染色する。5分間放置後、カバーガラスをかけた上からろ紙をかぶせ、一方の手でろ紙を動かないように固定して、もう一方の手の親指で真上から強く押し付ける。
4. 光学顕微鏡を用いて、減数分裂のようすを観察する。
5. 他の段階と予想される蕾で、同様な観察を行う(大きな蕾ほど後の段階である)。

観察結果

- 【第一分裂の前期】既に複製が終わった染色体が見えるようになり、対をなす相同染色体が平行に並んで接着する。これをといい、が完成した相同染色体を染色体という。このとき、相同染色体の間に一部が入れ換わるが起こっている。
- 【第一分裂の中期】染色体を形成していた相同染色体が赤道面に並ぶ。
- 【第一分裂の後期】染色体を形成していた2つの相同染色体は、互いに離れて、それぞれ細胞の2つの極へ移動する。続いて核の形成と細胞質分裂が起こり、細胞が二分される。第一分裂の後、すぐに第二分裂に入る。
- 【第二分裂】染色体が再び赤道面に並んで第二分裂が起こる。それぞれの染色体は、縦方向にさけるように二分され、細胞の2つの極へ移動する。この染色体の分配のしくみは、体細胞分裂の場合とよく似ている。このような減数分裂によって、1個の母細胞から、母細胞の半数の染色体をもった個の娘細胞(配偶子)が生じる。

問1 文章中の～に当てはまる語句として最も適当なものを、次の①～⑧の中からそれぞれ一つずつ選べ。

- | | | | |
|----------|-----------|-------|-------|
| ① ギムザ染色液 | ② 酢酸オルセイン | ③ 対合 | ④ 接合 |
| ⑤ 等価 | ⑥ 二価 | ⑦ 組換え | ⑧ 乗換え |

問2 文章中の に当てはまる数値として最も適当なものを、次の①～⑤の中から一つ選べ。

- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 8

問3 減数分裂の過程に関する下記のi)～v)の記述の中で、誤っているものはいくつあるか。最も適当なものを、次の①～⑥の中から一つ選べ。

- i) 第一分裂中期における核相は複相である。
ii) 第一分裂中期における細胞1個当たりのDNA量は母細胞と比べて2倍である。
iii) 第二分裂中期における核相は単相である。
iv) 第二分裂中期における細胞1個当たりのDNA量は母細胞と比べて半分である。
v) 第二分裂でも が起こる。

- ① 1つ ② 2つ ③ 3つ ④ 4つ ⑤ 5つ ⑥ なし

問4 減数分裂によって生じる配偶子では、染色体の数が単に半分になるだけでなく、対になっている染色体のそれぞれが各配偶子に分配される。例えば、染色体数が $2n=4$ の場合、全体として、生じる配偶子の異なる染色体の組み合わせの数は4個になる。それでは、 $2n=46$ のヒトの場合、生じる精子や卵の異なる染色体の組み合わせの数はおよそいくつになるか、最も適当なものを、次の①～⑥の中から一つ選べ。ただし、減数分裂時に は起こらないものとし、 $2^{10} \doteq 10^3$ 、 $2^{20} \doteq 10^6$ 、 $2^{30} \doteq 10^9$ 、 $2^{40} \doteq 10^{12}$ と近似して計算してよい。

- ① 23通り ② 46通り ③ 4×10^3 通り
④ 8×10^6 通り ⑤ 1.6×10^{10} 通り ⑥ 6.4×10^{13} 通り

問5 減数分裂の意義として、誤っているものを、次の①～④の中から一つ選べ。

- ① 有性生殖により、子の染色体数が倍になるのを防ぐ。
② 有性生殖により、子に多様な遺伝的組み合わせをもたらす。
③ 第一分裂と第二分裂の2回分裂を起こすことにより、多数の卵をつくる。
④ が起こることにより、子に遺伝子の多様性をもたらす。

4 生態系に関する次の文章A・Bを読み、以下の問いに答えよ。

A 生産者が有機物を生産することや、摂食した有機物から消費者が新たに有機物を合成することを物質生産という。物質生産の大半は植物の光合成による。生産された有機物が順に消費者へと移動することで生態系は支えられている。ある時点における単位空間あたりの生物体の乾燥重量を現存量という。

下記の図3は、生態系における物質とエネルギーの動きを模式的に表したものである。なお、図3中のアルファベット(S・G・C・D・R・F)は、同じものを示しており、0, 1, 2の数字は、それぞれ生産者、一次消費者、二次消費者を示している。

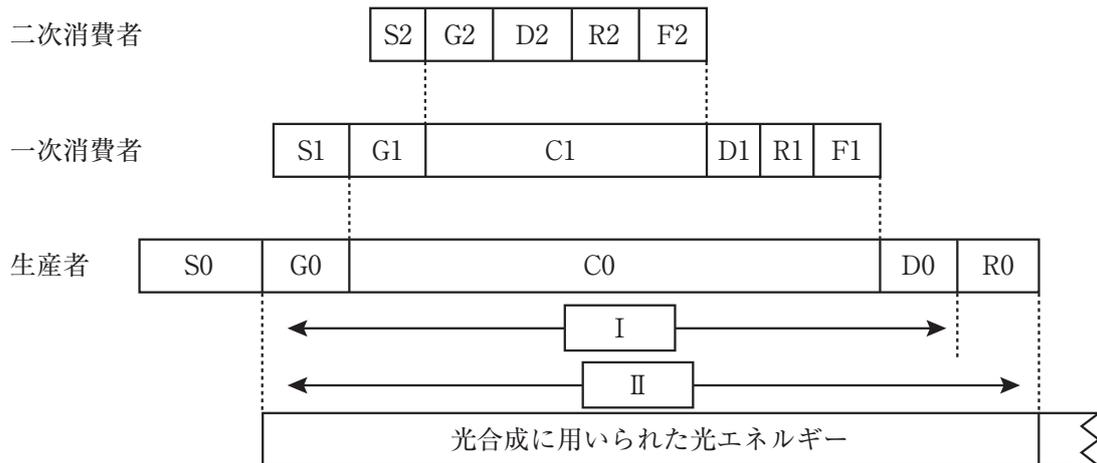


図3

問1 図3中の および に当てはまる語句として最も適当なもの組み合わせを、次の①～⑥の中から一つ選べ。

	I	II
①	総生産量	生物量
②	生物量	総生産量
③	総生産量	純生産量
④	純生産量	総生産量
⑤	純生産量	生物量
⑥	生物量	純生産量

問2 図3中のSが示すものとして最も適当なものを、次の①～⑥の中から一つ選べ。

イ

- ① 現存量 ② 成長量 ③ 被食量
④ 死亡量 ⑤ 呼吸量 ⑥ 不消化排出量

問3 図3中のCが示すものとして最も適当なものを、次の①～⑥の中から一つ選べ。

ウ

- ① 現存量 ② 成長量 ③ 被食量
④ 死亡量 ⑤ 呼吸量 ⑥ 不消化排出量

B ある河川の一次消費者である水生昆虫の一種カワゲラの幼虫の6月～9月の期間について、成長量と被食量の和・呼吸量・不消化排出量を調査したところ、それぞれ113 J・160 J・1448 Jであった。

問4 死亡量を0として、この期間の摂食量と同化量として最も適当な値を、次の①～⑦の中からそれぞれ一つずつ選べ。

摂食量：

エ

同化量：

オ

- ① 113 J ② 160 J ③ 1448 J ④ 273 J
⑤ 1561 J ⑥ 1607 J ⑦ 1721 J

問5 同化の効率(%)を、(同化量/摂食量)×100で求められる値とするとき、同化の効率として最も適当な値を、次の①～⑥の中から一つ選べ。

カ

- ① 10 ② 16 ③ 20 ④ 26 ⑤ 30 ⑥ 36