

和歌山県立医科大学

平成 27 年 度

理 科

問 題 冊 子

生 物

第1問 以下の文章を読み、各問に答えよ。

生物を形作る全ての細胞は(ア)を持つ。(ア)は脂質とタンパク質を主成分とする膜、即ち生体膜の一つであり、細胞の内と外を隔てる物理的な隔壁となっている。このためいかなる分子もイオンも細胞の内と外との間を自由に移動することはできないが、特定の分子やイオンは比較的容易に移動することができる。(ア)が持つこういった性質を(イ)性と呼ぶ。移動の可否は大きさや電荷の有無等様々な要因によって決まるが、移動がエネルギーを用いて積極的に行われる場合これを(ウ)と呼び、濃度勾配に依存してエネルギーに依存しない(エ)と区別される。細胞内に存在する様々な(オ)の中にも生体膜を構成要素とするものがあり、これを挟んで種々の分子やイオンが移動することが細胞やこれら(オ)の機能を支えていると言える。

問1 文中の(ア)～(オ)に当てはまる適当な語句を答えよ。

問2 次の(a)～(c)について、それぞれの構成要素となっている生体膜を挟んで移動し、これら特有の機能と密接に関わる分子あるいはイオンを語群より選べ。ただし(a)と(b)については2つずつ選び、(c)については1つ選ぶこととする。

また、選んだ分子やイオンそれぞれについて、生体膜を挟んでの移動が(ウ)によるものか(エ)によるものか、解答欄にある(ウ)、(エ)の記号の内、該当する方を○で囲め。双方に該当する場合は双方を○で囲むこと。

(a) 葉緑体 (b) ミトコンドリア (c) 筋小胞体

語群：酸 素 二酸化炭素 窒 素 ナトリウムイオン
カルシウムイオン 水素イオン

問3 問2で選んだ分子やイオンの移動が(a)～(c)特有の機能においてどのように役立っているか、それぞれ3行以内で説明せよ。

第2問 以下のA～Cの文章を読み、各問に答えよ。

A 多くの脊椎動物の性は性染色体の組み合わせによって決定する。ヒトの場合、性染色体は2本存在し、男性はX染色体とY染色体を1本ずつ持ち、女性はX染色体を2本持っている。性染色体には、性決定に関係する遺伝子のみならず、性に直接関係しない遺伝子も存在する。例えば、血友病は血液が凝固しない遺伝性の疾患であるが、その原因となる遺伝子は性染色体であるX染色体上に存在する。この遺伝子は性染色体であるX染色体と一緒に遺伝するため、血友病は伴性遺伝形質として知られている。X染色体にこの遺伝子が存在する男性は必ず血友病を発病するが、女性は2本のX染色体の両方がこの遺伝子を持たないと発病しない。図1は、血友病遺伝子がどのように伝わるかを示している図で、いわゆる家系図である。○印は女性を、□印は男性を示し、塗りつぶしは発病していることを示している。(ア)～(エ)の記号はそれぞれの個人を示している。

図1

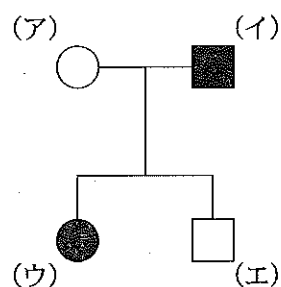
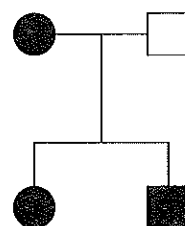


図2



問1 図1において、間違っている文章を1つ選べ。

- ① (ア)の女性は血友病の遺伝子を持っていない。
- ② (イ)の男性は血友病遺伝子を持っている。
- ③ (ウ)の女性は両方のX染色体に血友病遺伝子を持っている。
- ④ (エ)の男性は血友病遺伝子を持っていない。

問2 血友病遺伝子の伝わり方について、以下の(1)～(4)の条件に合う図を図1にならって作れ。

- (1) 母親(オ)、父親(カ)とも血友病は発病していない。
- (2) この両親には男性と女性の子どもが一人ずついる。
- (3) この両親から生まれた男性(キ)は、血友病の遺伝子を持っている。
- (4) この両親から生まれた女性(ク)は、血友病の遺伝子を持っていない。

問3 問2で示した(オ)の女性は、血友病遺伝子を持つか、あるいは持たないか、理由と共に1行以内で答えよ。

問 4 図 2 は X 染色体上にあり、血友病とは異なる原因遺伝子による病気の伝わり方を示している。記号の使い方は図 1 と同じである。図 1 と図 2 を比較すると、この遺伝子は図 1 に示した血友病の遺伝子とどのような点が異なると考えられるか、理由と共に 3 行以内で説明せよ。

B 性決定の仕組みは、A に示したヒトに見られる雄ヘテロ型に加えて、鳥類などで見られる雌ヘテロ型がある。雌ヘテロ型では性染色体を Z と W で表す。ニワトリでは、雄の性染色体の組み合わせは(ア)、雌の性染色体の組み合わせは(イ)となる。

問 5 (ア) と (イ) にあてはまる性染色体の組み合わせをそれぞれ記入せよ。

問 6 ニワトリの場合、雌雄の配偶子はどのような性染色体を持つか、A で示した XY 型の性決定をする動物との違いがわかるように 2 行以内でまとめて答えよ。

C 両生類であるアフリカツメガエルはニワトリと同じように ZW 型の性決定を行う。アフリカツメガエル卵を受精させた直後に低温条件にさらすと第二極体の放出が抑制され、卵核が 2 倍体となり、それに精子の核が加わり、3 倍体となることが知られている。このときに受精させる精子をあらかじめ紫外線照射し、DNA を不活化させておくと、低温処理した受精卵は卵核由来の 2 倍体の DNA を持つ雌性 2 倍体となる。

雌性 2 倍体から性的に成熟した雄とともに雌が発生することが知られている。この雌性 2 倍体の雌は「超雌」(super female)とも呼ばれる特殊性があり、この雌から得た卵を正常な雄由来の精子で受精させると、受精卵はほぼ 100 % が雌になることが実験的に知られている。

問 7 下線部(a)に示した 3 倍体を持つ性染色体の組み合わせにはどのような組み合わせがあるか、なぜそのようなになるかの理由とともに組み合わせを全て 4 行以内でまとめて答えよ。

問 8 雌性 2 倍体の雌の性染色体の組み合わせはどのようなになっていると推測できるか、理由とともに 4 行以内で答えよ。

第3問 以下のA～Cの文章を読み、各問に答えよ。

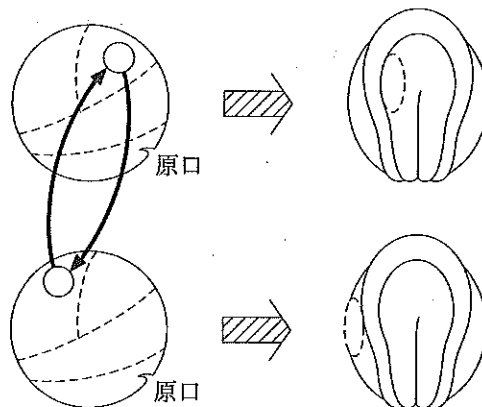
A 受精卵は個体の全ての器官、組織に分化するため、分化全能性を持つとされている。卵割が起こり、発生が進むに従って、胚を構成する細胞がどのような細胞や組織に分化するかは次第に制限されていくことになる。(ア)は、イモリ胚を使って、主要な器官、組織が初期胚のどの部分から形成されるかを(イ)と言う方法を使って調べ、イモリ胞胚の原基分布図を作成した。

シュペーマンとその共同研究者は、色の異なる2種類のイモリの初期原腸胚を使って、将来神経組織を作る予定の胚域(予定神経域)と表皮になる予定の胚域(予定表皮域)の一部をそれぞれ切り取って交換移植した(図3)。その結果、{ ウ }。

シュペーマンらは、同様の実験を初期神経胚を用いて行った。つまり、まだ広く開いている神経板の一部と表皮の一部を交換移植した。すると、初期原腸胚の場合とは異なり、{ エ }。

これらの結果は、{ オ }。このように、予定運命が確定することを決定と呼ぶ。

図3



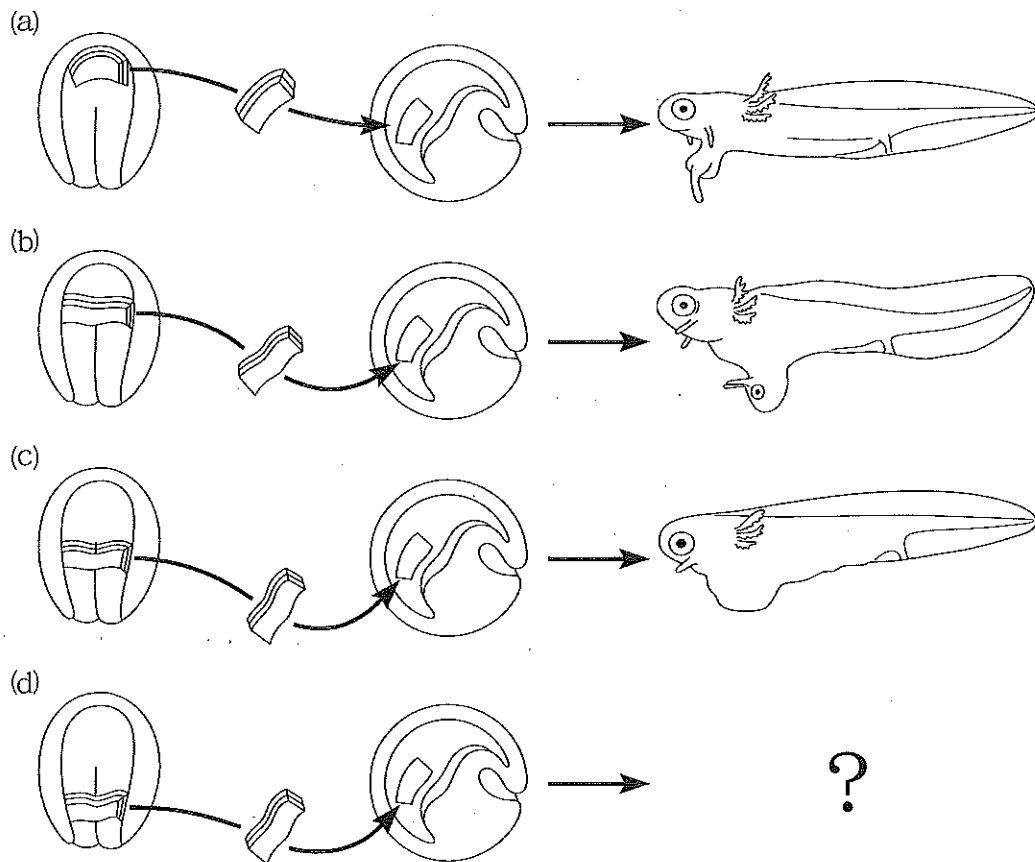
問1 文中の空欄(ア)と(イ)にあてはまる適当な人名または語を記入せよ。

問2 文中の{ ウ }, { エ }, { オ }に文意にあう適当な文章を考え、それぞれ2行以内でまとめて答えよ。

問3 シュペーマンは近縁だが異なる二種のイモリ胚間で、組織の交換移植を行っている。通常、成体での個体間交換移植ではいわゆる組織拒絶反応が起こり、移植した組織が定着しないが、この実験の場合そのような現象は起こっていない。これはなぜだと考えられるか、2行以内でまとめて答えよ。

B シュペーマンらは、色の異なる2種類のイモリを使って、更に研究を進め、原口背唇部には二次胚を誘導する働きがあることを見出し、この部位を形成体(オルガナイザー)と呼んだ。また、この部位が持つ、まわりの細胞に働きかけて、分化を引き起こす働きは誘導と呼ばれた。この原口背唇部の移植実験とは別に、図4に示した実験が行われた。初期神経胚の神経板(注)を頭部側から尾部側へ向かって、4つの領域に分けて切り出し、それぞれを別のイモリの初期原腸胚の胞胚腔内へ移植した。その結果は、図4(a)に示したように、最も頭部側の神経板を移植した場合には、二次胚として頭部先端の構造が形成され、(b)では頭部や眼などが形成され、(c)では胴部の構造が形成された。

図4



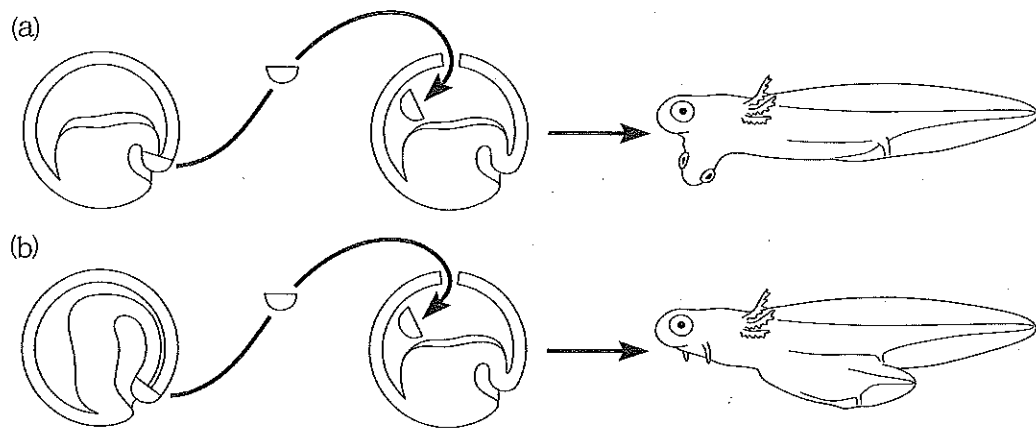
(注) ここで切り出した神経板は、Aで示した実験とは異なり、外胚葉と、原口から陥入して胞胚腔を裏打ちしている中胚葉組織も含み、両者を一緒に切り出して、移植に用いている。

問4 図4(d)の実験では、二次胚としてどのような構造が形成されたと考えられるか、理由とともに2行以内で答えよ。

C 図4の実験と同様に異なる2種類のイモリを使い、以下の実験を行った(図5)。

- (a) 初期原腸胚の原口の陥入する部位を切り出し、図4と同様に別のイモリ胚の胞胚腔へ移植した。その結果、二次胚として頭部構造が形成された。
- (b) (a)よりも原口陥入が進行した原腸胚で(a)と同様に原口陥入部位を切り出し、別のイモリ胚の胞胚腔へ移植した。その結果、(a)とは異なり、2次胚として頭部は形成されず、胴部と尾部が形成された。

図5



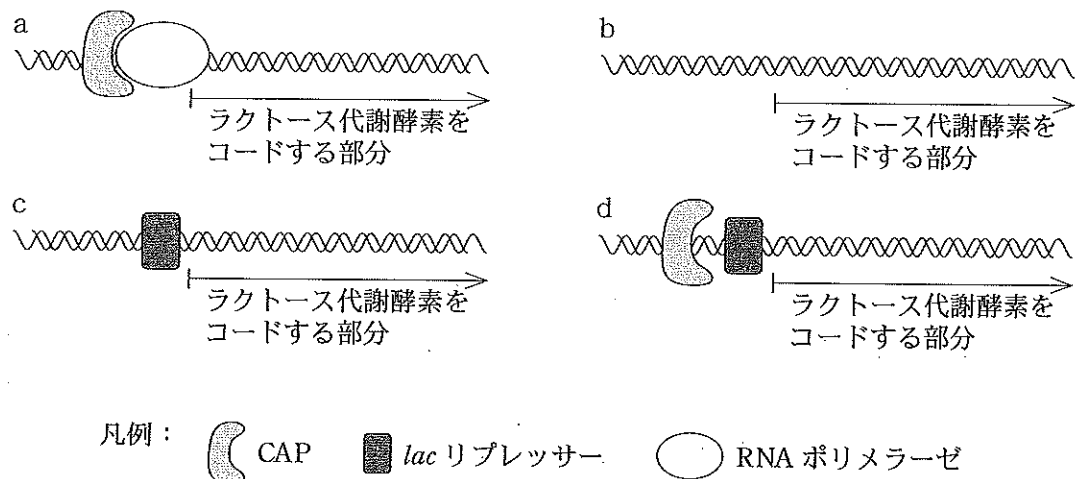
問5 上記の実験(a)と(b)で異なる2次胚が形成されたことから、原口陥入部の予定運命は、どの様に変化していくと考えられるだろうか。Bの内容も考慮に入れ、3行以内でまとめて答えよ。

第4問 原核生物における遺伝子発現制御に関するAとBの文章を読み、各問に答えよ。

A 大腸菌の遺伝子には、オペロンと呼ばれるグループごとに発現制御されるものがあり、それぞれのオペロンには特定の代謝反応に関与する複数の酵素がコードされている。例えばラクトースオペロンにはラクトースを分解して呼吸基質として利用するのに必要な β -ガラクトシダーゼ等3種類の酵素がコードされており、これらの発現は培養液中のラクトース濃度が低いと抑えられ、高いと活発になる。こういったオペロン単位での遺伝子発現制御はそれぞれのオペロンに特異的な「リプレッサー」と呼ばれるDNA結合タンパク質に大きく依存している。ラクトースオペロンの場合、*lac*リプレッサーがオペレーターに結合するとプロモーターへのRNAポリメラーゼの結合が阻害される。培養液中にラクトースが存在すると、菌体内に取り込まれたラクトースの一部がアラクトースに変換され、これと結合した*lac*リプレッサーはオペレーターと結合できなくなる。その結果RNAポリメラーゼのプロモーターへの結合が可能となり、ラクトース代謝酵素遺伝子が転写されることになる。また、ラクトースオペロンの制御には*lac*リプレッサーの他に酵素遺伝子の発現を促進するCAPと呼ばれるタンパク質も関与することが知られている。このCAPはプロモーターの近傍に結合し、RNAポリメラーゼのプロモーターへの結合を促すタンパク質である。培養液中にグルコースが存在すると、菌体内に取り込まれたグルコースがいくつかの反応を介してCAPのDNA結合能を抑制する。するとオペレーターに*lac*リプレッサーが結合していなくともRNAポリメラーゼのプロモーターへの結合が減弱することになり、結果としてラクトース代謝酵素遺伝子の発現は抑制されることになる。さらに培養液中のグルコースは別の反応を介してラクトースの菌体内への取り込みを阻害することも知られている。遺伝子の発現には多くのエネルギーが必要となることを考えると、生息環境の変化に対応して特定の遺伝子を必要な時にのみ発現させるこのような制御機構の存在は合理的なものであると言える。

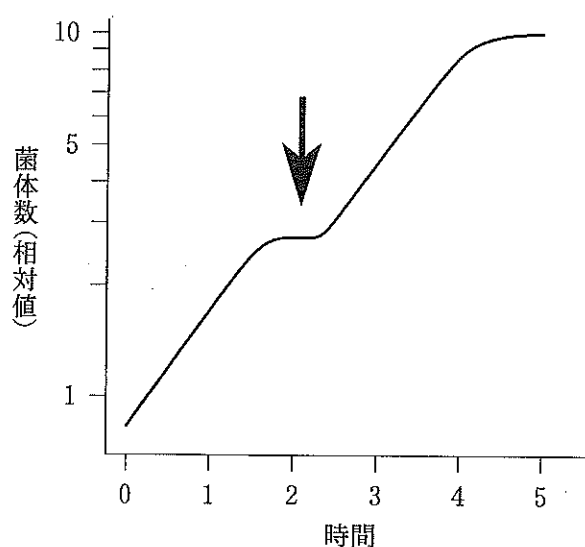
- 問 1 図 6 の a ～ d はラクトースオペロンの転写調節領域(プロモーター, オペレーター等)に, 凡例に示した 3 種類のタンパク質が結合している様子を示している。これらの図を,
- (1) ラクトース代謝酵素遺伝子が発現している状態を示すもの
 - (2) ラクトース代謝酵素遺伝子の発現が抑制されている状態を示すものに分類せよ。

図 6



- 問 2 図 7 は大腸菌をグルコースとラクトースを含む 100 mL の培養液中で良く攪拌しながら 37 °C で培養し, 時間経過に伴う菌体数の変化を記録した結果を示すグラフである。培養の途中で何も手を加えていないにもかかわらず, 図中の矢印で示すように, 大腸菌の増殖はある程度進んだ所で一時停止し, その後再び増殖を開始した。

図 7



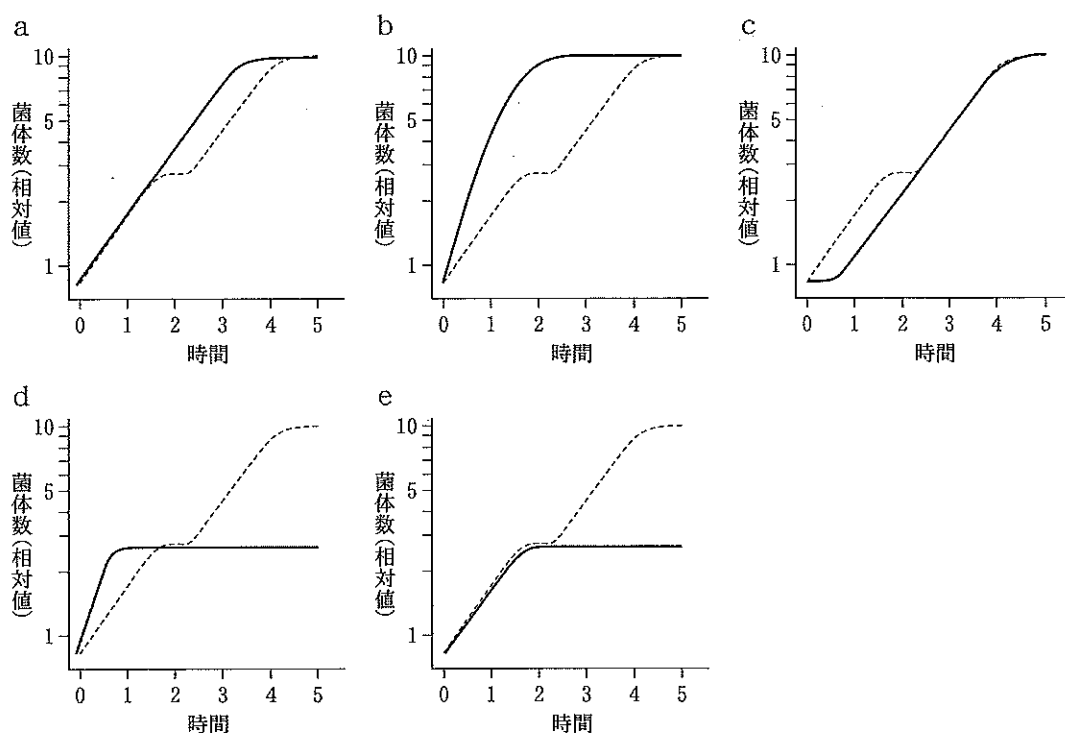
(1) 以下の①～⑧の中から、増殖が一時停止した理由として適当と考えられるものを全て選べ。

- ① グルコース代謝に必要な遺伝子の塩基の一部が変異した。
- ② ラクトース代謝に必要な遺伝子の塩基の一部が変異した。
- ③ グルコース代謝に必要な酵素の合成に時間がかかった。
- ④ ラクトース代謝に必要な酵素の合成に時間がかかった。
- ⑤ 培養開始時菌体内に蓄えられていたグルコースが枯渇した。
- ⑥ 培養開始時菌体内に蓄えられていたラクトースが枯渇した。
- ⑦ 培養液中のグルコースが枯渇した。
- ⑧ 培養液中のラクトースが枯渇した。

(2) 図7において、培養開始後4時間から5時間の間、増殖が停止した理由として適当と考えられるものを(1)の①～⑧の中から全て選べ。

(3) 培養液中のグルコースの濃度はそのまま、ラクトースを含まない培養液を用いて培養を始めた場合、どのような増殖曲線が描けると考えられるか。図8のa～eの中から1つ選ぶとともに、理由を4行以内で述べよ。

図8



注) 点線は参考のため図7に示した増殖曲線の位置を示したものである。

- (4) 図7の実験と同じ条件で大腸菌を培養し、 β ガラクトシダーゼ活性を以下の手順で測定し、グラフにしたものとして適当と考えられるものを図9のa～eの中から1つ選ぶとともに、理由を3行以内で述べよ。

培養開始後一定時間毎に1 mLの培養液を回収する。

↓

回収した培養液中の大腸菌を集め、酵素活性測定用緩衝液中で菌体を破碎する。

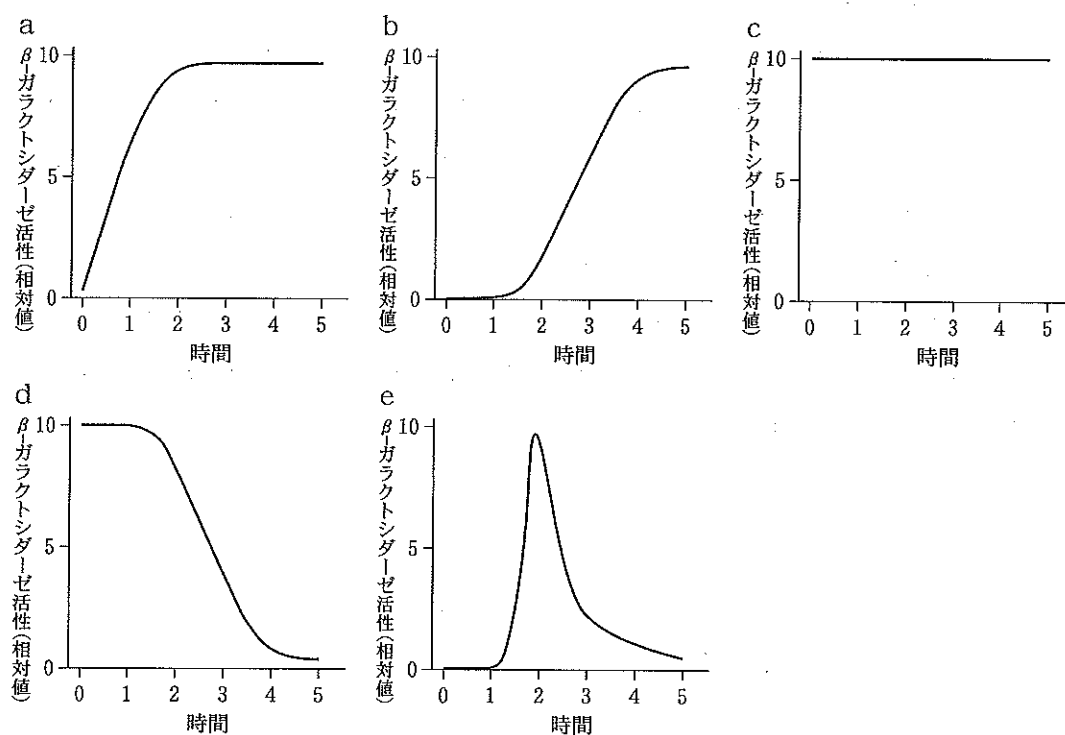
↓

β ガラクトシダーゼの活性を測定し、回収した1 mLの培養液中に含まれる大腸菌が持つ β ガラクトシダーゼ活性の総和を求める。

↓

この値がもっとも大きくなった時間における値を10とした相対値をグラフに示す。

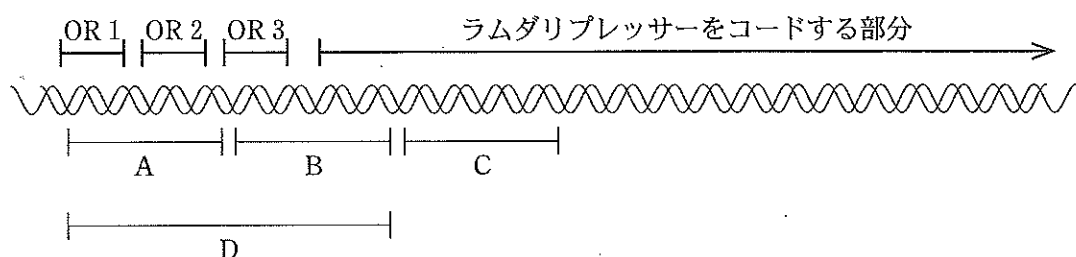
図9



B 大腸菌に感染するバクテリオファージの一種であるラムダファージもラムダリプレッサーと呼ばれるリプレッサーをコードする遺伝子を持ち、大腸菌に感染した後これが発現してラムダリプレッサーが菌体内で合成される。十分な量のラムダリプレッサーが合成されると、これが菌体内でファージ粒子の産生に必要な他のファージ遺伝子の発現を抑制するので、菌体内でファージが増殖することはない。そして大腸菌はファージ遺伝子を自らの遺伝子のなかに組み込み、そのまま生存し続ける。この間ラムダリプレッサーの量が減少すればラムダリプレッサー遺伝子の発現が活発になり、ラムダリプレッサーの量が過剰となるとラムダリプレッサー遺伝子の発現は抑制される。このような発現調節により、菌体内において一定量のラムダリプレッサーが確保され、ファージの増殖を促す他のファージ遺伝子の発現は抑制された状態が続く。そしてこの発現調節は主としてラムダリプレッサー自身によってなされることが知られている。

ラムダリプレッサーをコードする部分の転写を制御する遺伝子領域の構造は図10のようになっている。転写調節領域には3つのオペレーターが存在し、それぞれラムダリプレッサーとの結合能に差がある。即ち、ラムダリプレッサーは、その濃度が(ア)いときには比較的結合しやすいオペレーターR1とR2(OR1, OR2)にのみ結合し、濃度が(イ)くなるとオペレーターR3(OR3)にも結合するようになるのである。OR3にラムダリプレッサーが結合するとラムダリプレッサーをコードする部分の転写が抑制され、ラムダリプレッサーの合成量が低下する。この状態と比較してラムダリプレッサーの濃度がより(ウ)く、OR1とOR2にのみラムダリプレッサーが結合している場合にはラムダリプレッサーの合成が進むが、ラムダリプレッサーの濃度がさらに(エ)くなりオペレーター領域(OR1, OR2, OR3)に全く結合していない状態になると、ラムダリプレッサーの合成量が低下する。また、この状態ではファージ粒子の産生に必要な他のファージ遺伝子の発現を抑制することも不可能となり、菌体内でファージの増殖が始まることとなる。

図10



問3 バクテリオファージに関する記述の中で間違っているものを全て選べ。

- | | |
|---------------|-------------|
| ① 細胞核を有する | ② DNAを有する |
| ③ タンパク質を有する | ④ リボソームを有する |
| ⑤ ミトコンドリアを有する | |

問 4 文中の空欄(ア)～(エ)には“高”,“低”のいずれが当てはまるか答えよ。

問 5 オペレーター領域にラムダリプレッサーが全く結合していない状態の方が OR 1 と OR 2 にラムダリプレッサーが結合している状態と比べてラムダリプレッサーの合成量が低くなる理由を説明する文として適当と考えられるものを以下の①～⑧の中から全て選べ。

- ① 3つのオペレーターにラムダリプレッサーが同時に結合することができる。
- ② 3つのオペレーターにラムダリプレッサーが同時に結合することはできない。
- ③ OR 1 と OR 2 に結合したラムダリプレッサーはプロモーターへの RNA ポリメラーゼの結合を促進する。
- ④ OR 1 と OR 2 に結合したラムダリプレッサーはプロモーターへの RNA ポリメラーゼの結合を阻害する。
- ⑤ OR 3 に結合したラムダリプレッサーはプロモーターへの RNA ポリメラーゼの結合を促進する。
- ⑥ OR 3 に結合したラムダリプレッサーはプロモーターへの RNA ポリメラーゼの結合を阻害する。
- ⑦ オペレーター上にラムダリプレッサーが全く結合していない状態でのみ RNA ポリメラーゼは効率よくプロモーターと結合する。
- ⑧ オペレーター上にラムダリプレッサーが全く結合していない状態では RNA ポリメラーゼはプロモーターと結合することが困難となる。

問 6 ラムダリプレッサー遺伝子の発現を引き起こす RNA ポリメラーゼが結合する領域と考えられるのは図 10 の中に示した A～D のどれか答えよ。

問 7 ラムダファージの遺伝子を取り込んだ大腸菌に紫外線を照射すると、それまでラムダリプレッサーにより発現が抑制されていたファージ粒子の産生に必要な遺伝子の発現が活発となり、やがて菌体内で産生された多量のファージ粒子が菌体を破壊して拡散する。紫外線照射により大腸菌の菌体内では RecA と呼ばれるタンパク質が活性化し、これがファージ粒子の産生を促すきっかけとなることが知られている。この RecA の機能として適当と考えられるものを①～④から全て選び、解答欄にある番号を○で囲むと共に、①～④全てについて適当あるいは不適当と考えた理由を 2 行以内で述べよ。

- ① 大腸菌遺伝子 DNA の分解
- ② ファージ遺伝子 DNA の分解
- ③ RNA ポリメラーゼタンパク質の分解
- ④ ラムダリプレッサータンパク質の分解