

T 3 物理 T 4 化学 T 5 生物

この冊子は、**物理**，**化学** 及び **生物** の問題を 1 冊にまとめてあります。

数学科，情報科学科，応用生物科学科及び経営工学科は，物理，化学，生物のいずれかを選択

物理学科は物理指定

物理の問題は，1 ページより 35 ページまであります。
化学の問題は，36 ページより 49 ページまであります。
生物の問題は，50 ページより 74 ページまであります。

〔注 意〕

- (1) 試験開始の指示があるまで，この冊子を開いてはいけません。
- (2) 監督者から受験番号等記入の指示があったら，解答用マークシートに受験番号と氏名を記入し，さらに受験番号をマークしてください。
- (3) 解答は，所定の解答用マークシートにマークしたものが採点されます。
- (4) 解答用マークシートについて
 - ① 解答用マークシートは，絶対に折り曲げてはいけません。
 - ② マークには黒鉛筆(HBまたはB)を使用してください。
指定の黒鉛筆以外でマークした場合，採点できないことがあります。
 - ③ 誤ってマークした場合は，消しゴムで丁寧に消し，消しくずを完全に取り除いたうえ，新たにマークしてください。
 - ④ 解答欄のマークは，横 1 行について 1 箇所に限ります。
2 箇所以上マークすると採点されません。
あいまいなマークは無効となるので，はっきりマークしてください。
 - ⑤ 解答用マークシートに記載されている解答上の注意事項を，必ず読んでから解答してください。
- (5) 試験開始の指示があったら，初めに問題冊子のページ数を確認してください。
ページの落丁・乱丁，印刷不鮮明等に気づいた場合は，手を挙げて監督者に知らせてください。
- (6) 問題冊子は，試験終了後，持ち帰ってください。

生 物

- 1** 生物学の実験に関する次の問題(1)～(3)に答えなさい。解答はそれぞれの指示に従って解答用マークシートの所定欄にマークしなさい。(36点)

(1) 顕微鏡の使用に関する次の問題(a)～(e)に答えなさい。

- (a) 光学顕微鏡の絞りと観察倍率の関係について述べた以下の文について、空欄(ア)～(エ)に最も適切な語句を解答群Aから選び、その番号をマークしなさい。

絞りを絞ると視野の明るさは なり、絞りを開くと明るさは なる。一般に、低倍率では絞りを 観察し、高倍率では絞りを 観察する。

解答群 A

0 明るく 1 暗く 2 開いて 3 絞って

- (b) ウシガエルから採血し、体液と等張な食塩水で5倍に希釈してからスライドガラス上に塗布し、血球細胞を染色した。この時、希釈に最も適した食塩水の濃度(質量%)を解答群Bから選び、その番号を解答欄(オ)にマークしなさい。

解答群 B

0 0.40 1 0.65 2 0.90 3 1.15 4 1.40

- (c) カエル赤血球は有核赤血球である。対物マイクロメーターと接眼マイクロメーターを用いて、細胞と核の長径を測りたい。接眼レンズ内に接眼マイクロメーターを装着し、対物マイクロメーターをステージ上に載せて、対物レンズを40倍にして接眼レンズをのぞくと、対物マイクロメーターの目盛りと接眼ミク

The diagram illustrates the vernier scale used for precise measurements. It consists of two horizontal scales:

- Top Scale (Object Micrometer):** Labeled "対物マイクロメートルの目盛り (太い線)" (Object Micrometer Scale (Thick Lines)). It has major markings at 20, 30, 40, 50, 60, and 70. Each major marking is divided into 10 smaller intervals by thin lines.
- Bottom Scale (Eyepiece Micrometer):** Labeled "接眼マイクロメートルの目盛り (細い線と数字)" (Eyepiece Micrometer Scale (Thin Lines and Numbers)). It has major markings at 20, 30, 40, 50, 60, and 70. Each major marking is divided into 10 smaller intervals by thin lines.

The scales are aligned such that the 40th mark on the top scale (labeled 40) is perfectly aligned with the 40th mark on the bottom scale (labeled 40). This alignment indicates a reading of 40.0 units.

Diagram illustrating the structure of a red blood cell (erythrocyte). The cell is shown as a biconcave disc. A scale bar at the top indicates measurements of 10, 20, and 30 micrometers. The cell is labeled '赤血球細胞' (erythrocyte) and the central indentation is labeled '核' (nucleus).

細胞の長径：

(カ)	(キ)	(ク)
↑ 十の位	↑ 一の位	↑ 小数点第1位
		↑ 小数点

μm

核の長径：

(ケ)	(コ)	(サ)
↑ 十の位	↑ 一の位	↑ 小数点第1位
		↑ 小数点

μm

- (d) 対物レンズで 40 倍の時、視野中に 50 個の赤血球が観察された。細胞がプレパラート上にほぼ均一に分布している場合、対物レンズを 10 倍にしたときには何個の細胞が観察されると予想されるか。解答は整数として、解答欄(シ)～(ソ)にあてはまる 0～9 の数字をマークしなさい。なお、空欄になる位がある場合は 0 をマークしなさい。

(シ)	(ス)	(セ)	(ソ)	個
↑	↑	↑	↑	
千の位	百の位	十の位	一の位	

- (e) 対物レンズを低倍率にして、組織の長さを測定したい。対物レンズを 40 倍から 10 倍にして、図 1 で用いたものと同じ接眼マイクロメーターを用いてカエル胚の眼胞の長径を計測したところ、85 目盛りだった。対物レンズの倍率を変えると、倍率に応じて接眼マイクロメーターの 1 目盛りが示す長さも変わることを考慮すると、眼胞の長径は何 μm になると推定されるか。解答の値は、小数点以下を四捨五入した整数として、解答欄(タ)～(ツ)にあてはまる 0～9 の数字をマークしなさい。

(タ)	(チ)	(ツ)	μm
↑	↑	↑	
百の位	十の位	一の位	

右のページは白紙です。

(2) 細胞の培養操作に関する下記の文章を読み、次の問題(a)～(e)に答えなさい。

細胞数の計測は、培養時における細胞の増殖状態を確認し、また必要な数の細胞を分取するために必要である。計測のためには、細胞計算盤(血球計算盤とも言う)を用い、細胞を浮遊させた液(細胞浮遊液)の中にある細胞を数える。この計算盤は、一定の間隔で直交する微細な線(格子線)が引いてある下のガラス板と、その上に載せるガラス板から構成されている(図3左)。上下のガラス板の間には深さが均一なすき間が出来るように調整されていて、ここに少量の細胞浮遊液を流しこむと、すき間全体に細胞浮遊液が広がる(図3右上)。これを光学顕微鏡で観察すると、格子内に細胞がランダムに分布する様子が観察される(図3右下)。格子の各辺の長さとしき間(深さ)の値はあらかじめわかっているため、格子内に分布する細胞数を数えると、その値は「格子の1辺」×「格子の1辺」×「深さ」の体積中の細胞数に相当する。この値から、基準とする体積の細胞浮遊液中に含まれる細胞数が算出でき、また目的とする細胞数を得るために必要な細胞浮遊液の体積もわかる。

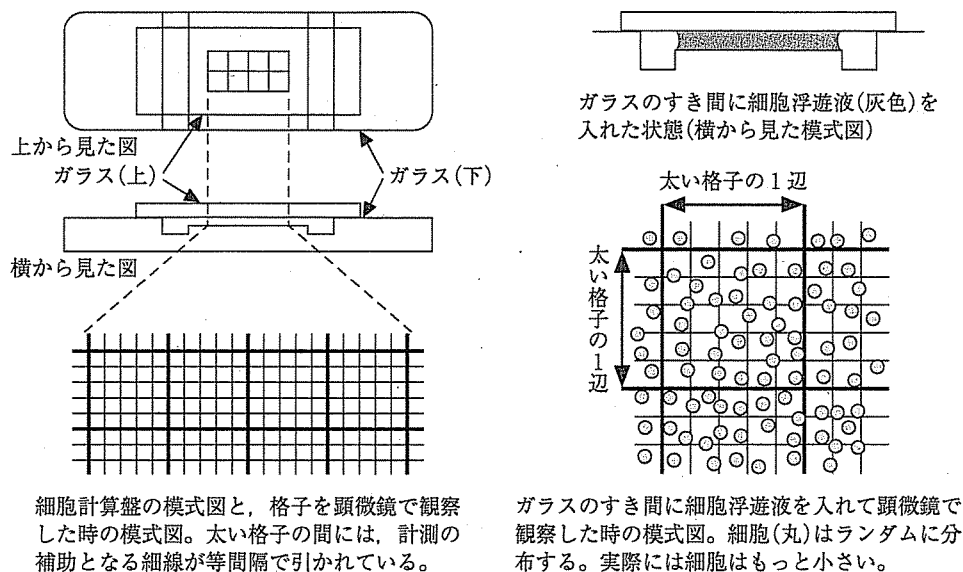


図3

- (a) 浮遊状態で培養する動物細胞が入った細胞浮遊液 A が 2 mL ある。この中の細胞数を把握するため、細胞浮遊液 A からごく少量を計算盤上に移し、太い線に囲まれた格子を 3 カ所、任意に選んで、それぞれの中に分布する細胞数を数えた。その結果、平均 350 個の細胞が分布していた。太い線で囲まれた格子の 1 辺を 1.25 mm、計算盤の深さを 0.2 mm とするとき、1 mL の細胞浮遊液 A 中に含まれる細胞数を計算し、解答しなさい。解答の値は小数点第 2 位で四捨五入して小数点第 1 位まで求め、解答欄(ア)～(エ)にあてはまる 0～9 の数字をマークしなさい。空欄になる位がある場合は 0 をマークしなさい。

(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	× 10 ⁵ 細胞/mL
↑ 百の位	↑ 十の位	↑ 一の位	↑ 小数点第 1 位	
			↑ 小数点	

- (b) (a)の結果を基に、 2.0×10^5 個の細胞を分取するために必要な細胞浮遊液 A の体積を計算し、解答しなさい。解答の値は小数点第 3 位で四捨五入して小数点第 2 位まで求め、解答欄(オ)～(キ)にあてはまる 0～9 の数字をマークしなさい。

(オ)	(カ)	(キ)	mL
↑ 一の位	↑ 小数点第 1 位	↑ 小数点第 2 位	
	↑ 小数点		

- (c) 細胞浮遊液 A から 2.0×10^5 個の細胞が含まれる量を培養シャーレに移し、培養液を追加して、最終的に 5 mL の細胞浮遊液 B を調製した。これを 48 時間培養した後、細胞浮遊液 B からごく少量を採取して、そのまま細胞計算盤のすき間に流し込んで細胞数を計測した。その結果、太い線で囲まれた格子内に分布する細胞数の平均は 100 個だった。48 時間後の 1 mL の細胞浮遊液 B 中に含まれる細胞数を答えなさい。解答の値は小数点第 2 位で四捨五入して小数点第 1 位まで求め、解答欄(ク)～(コ)にあてはまる 0～9 の数字をマークしなさい。十の位が空欄になる場合は 0 をマークしなさい。

(ク)	(ケ)	(コ)	× 10 ⁵ 細胞/mL
↑ 十の位	↑ 一の位	↑ 小数点第 1 位	
		↑ 小数点	

- (d) (c)で培養を行う間、細胞は一定の速度で分裂・増殖するとした場合、この培養条件での細胞数が2倍になるまでの時間を推定し、解答しなさい。解答の値は整数とし、必要に応じて小数点第1位で四捨五入した値とし、解答欄(サ)、(シ)にあてはまる0～9の数字をマークしなさい。十の位が空欄になる場合は0をマークしなさい。

(サ)	(シ)	時間
↑	↑	
十の位	一の位	

- (e) 一般に、培地には栄養成分として、動物の血清を添加する。細胞の増殖速度は添加する血清の濃度によって変化する。このことを調べるため、(c)と同様に細胞浮遊液を調製する際に、低い血清濃度の培養液を用いて培養した。その結果、細胞増殖速度は低下し、(c)と同じ細胞数になるまでに60時間を要した。用いた低血清条件での細胞数が2倍になるまでの時間を推定し、解答しなさい。解答の値は整数とし、必要に応じて小数点第1位で四捨五入した値とし、解答欄(ス)、(セ)にあてはまる0～9の数字をマークしなさい。十の位が空欄になる場合は0をマークしなさい。

(ス)	(セ)	時間
↑	↑	
十の位	一の位	

(3) 抗体を用いた実験に関する次の問題(a), (b)に答えなさい。

(a) 細胞や組織で働く特定のタンパク質の分布や機能を知るために、そのタンパク質を認識して結合する抗体を用いた実験が行われる。抗体を用いた実験を行うことを考え、まず実験条件を検討するため、ヒストンに対する抗体(抗ヒストン抗体)を用いて[実験1]～[実験3]を行った。

[実験1] 互いに接着せず、浮遊状態で培養・維持される動物細胞 A を用意した。この細胞を培養する際に、蛍光色素を付けた抗ヒストン抗体を培養液に加え、数時間培養を継続した。その後、細胞 A を生きたまま蛍光顕微鏡で観察した結果、蛍光は観察されなかった。抗体を添加しても、細胞 A の生存に影響はなかった。

[実験2] 抗体を加えずに培養した細胞 A を、固定液 B を用いて固定した。次に固定液 B を除去・洗浄し、固定した細胞 A に蛍光色素を付けた抗ヒストン抗体を直接反応させた。その後、細胞 A を蛍光顕微鏡で観察した結果、蛍光色素は観察されなかった。

[実験3] [実験2]と同様に細胞 A を固定し、次にこれを切片にした。この細胞 A の切片に蛍光色素を付けた抗ヒストン抗体を反応させ、続いて蛍光顕微鏡で観察した結果、核で蛍光が観察された。

[実験1]～[実験3]の結果から、細胞の固定方法やその後の処理と抗体の反応について、どのようなことが言えるか。下記①～⑥の中から、最も適切な組み合わせを解答群 C から一つ選び、その番号をマークしなさい。

- ① 抗体は生きた細胞の細胞膜を通過できる。
- ② 抗体は生きた細胞の細胞膜を通過できない。
- ③ 固定液 B による固定方法で、抗体は細胞膜を通過できる。
- ④ 固定液 B による固定方法で、抗体は細胞膜を通過できない。
- ⑤ 切片上において、抗体は細胞内分子と反応できる。
- ⑥ 切片上において、抗体は細胞内分子と反応できない。

解答群C

0 ①, ③, ⑤

1 ①, ③, ⑥

2 ①, ④, ⑤

3 ①, ④, ⑥

4 ②, ③, ⑤

5 ②, ③, ⑥

6 ②, ④, ⑤

7 ②, ④, ⑥

- (b) [実験1]～[実験3]の結果をふまえ、次に細胞間接着を担う細胞膜貫通型タンパク質のカドヘリンに注目し、その抗体を用いて実験を進めることにした。カドヘリンを抗原として、3種類の抗カドヘリン抗体 X, Y, Z を用意した。これらの抗体は、カドヘリンの細胞外領域または細胞内領域のいずれかの部位に結合できる。また、結合部位によってはカドヘリンの機能に影響して、働きを阻害する場合もある。これらの抗体の性質を確かめるために、[実験4]～[実験6]を行った。

[実験4] 細胞 A にカドヘリン遺伝子を人為的に発現させて培養した結果、細胞が互いに接着して細胞塊を形成した。この細胞塊を維持した状態で、固定液 B で固定した。次いで固定液 B を除去・洗浄し、固定した細胞塊にカドヘリンに対する抗体 X, 抗体 Y, 抗体 Z のいずれかを直接反応させた。抗体には蛍光色素を付けておいた。反応後に観察した結果、抗体 X と抗体 Z では蛍光が観察されたが、抗体 Y では蛍光が観察されなかった。

[実験5] [実験4] で得られた細胞塊を固定し、次にこれを切片にした。この切片上に蛍光色素を付けた抗体 X, 抗体 Y, 抗体 Z のいずれかを反応させて観察した結果、いずれの抗体の場合も蛍光が観察された。

[実験6] [実験4] と同じ条件で細胞 A を培養する際に、培養液に抗体 X, 抗体 Y, 抗体 Z のいずれかを添加した。その結果、抗体 X を添加した場合は細胞塊の形成が抑制された。一方、抗体 Y または抗体 Z を添加した場合は、細胞塊は正常に形成された。いずれの抗体を添加しても、細胞の生存に影響はなかった。

[実験4]～[実験6]の結果をふまえると、抗体X、抗体Y、抗体Zはそれぞれどのような性質を持つと考えられるか。それぞれの性質として最も適切なものを解答群Dから選び、その番号を解答用マークシートのX、Y、Zそれぞれの解答欄にマークしなさい。

解答群D

- 0 カドヘリンの細胞外領域に結合し、その機能に影響する抗体
- 1 カドヘリンの細胞外領域に結合し、その機能に影響しない抗体
- 2 カドヘリンの細胞外領域に結合し、その機能への影響は不明な抗体
- 3 カドヘリンの細胞内領域に結合し、その機能に影響する抗体
- 4 カドヘリンの細胞内領域に結合し、その機能に影響しない抗体
- 5 カドヘリンの細胞内領域に結合し、その機能への影響は不明な抗体

- 2 次の問題(1)～(3)に答えなさい。解答はそれぞれの指示に従って解答用マークシート の所定欄にマークしなさい。(29 点)

- (1) 次の植物と光環境に関する文章を読み、問題(a)、(b)に答えなさい。

植物は周囲の環境変化を外部からの信号として受容し、環境の変化に応答している。発芽が光によって促進される種子を [ア] 種子といい、レタスやタバコなどがある。一方、発芽に光を必要としない種子を [イ] 種子といい、キュウリやカボチャなどがある。光を吸収して生物に一定の作用を及ぼす物質を [ウ] といい、植物は、数種類の [ウ] をもち、光刺激に応答している。このうち [エ] は、主に赤色光と遠赤色光を吸収する [ウ] である。赤色光を吸収すると遠赤色光を吸収しやすい型(Pfr 型)へ、遠赤色光を吸収すると赤色光を吸収しやすい型(Pr 型)へと可逆的に分子構造が変化する。この可逆変化が引き金となり、光に応答した形態形成を引き起こす。

- (a) 空欄(ア)～(エ)にあてはまる最も適切な語句を解答群 A から選び、その番号をマークしなさい。なお、同じ記号の空欄には同じ語句が入る。

解答群 A

- | | | | |
|-------------|-----------|------------|---------|
| 00 休 眠 | 01 フィトクロム | 02 クリプトクロム | |
| 03 フォトリドンビン | 04 短 日 | 05 光屈性 | |
| 06 電子受容体 | 07 光発芽 | 08 長 日 | 09 限界暗期 |
| 10 ロドプシン | 11 暗発芽 | 12 中 性 | 13 光受容体 |

- (b) 下線部(i)に関して、最も正しい記述を解答群Bから一つ選び、その番号をマークしなさい。

解答群B

- 0 レタスの種子が発芽するためには、適切な気温と水分の他に、赤色光の強度が遠赤色光の強度よりも高い必要があり、Pr型が多く存在する。
- 1 レタスの種子が発芽するためには、適切な気温と水分の他に、赤色光の強度が遠赤色光の強度よりも高い必要があり、Pfr型が多く存在する。
- 2 レタスの種子が発芽するためには、適切な気温と水分の他に、赤色光の強度が遠赤色光の強度よりも低い必要があり、Pr型が多く存在する。
- 3 レタスの種子が発芽するためには、適切な気温と水分の他に、赤色光の強度が遠赤色光の強度よりも低い必要があり、Pfr型が多く存在する。

(2) 次の植物と温度環境に関する問題(a)～(c)に答えなさい。

(a) 胚軸伸長において、調節遺伝子 A, B, C, D と、それらの遺伝子から転写・翻訳された調節タンパク質 A, B, C, D が存在する。それぞれ1つが機能しない変異体 a, b, c, d を用いて、調節タンパク質 A, B, C, D と、温度と胚軸伸長との関係を調べた。各変異体を、成長に適した光および水分条件で、温度 22°C および 28°C で生育させ、発芽後7日の胚軸の長さを調べた結果を図1に示した。結果に関するそれぞれの考察文に対して、不適切であれば0を、適切であれば1の番号をマークしなさい。なお、それぞれの変異体はホモ接合体であるものとする。

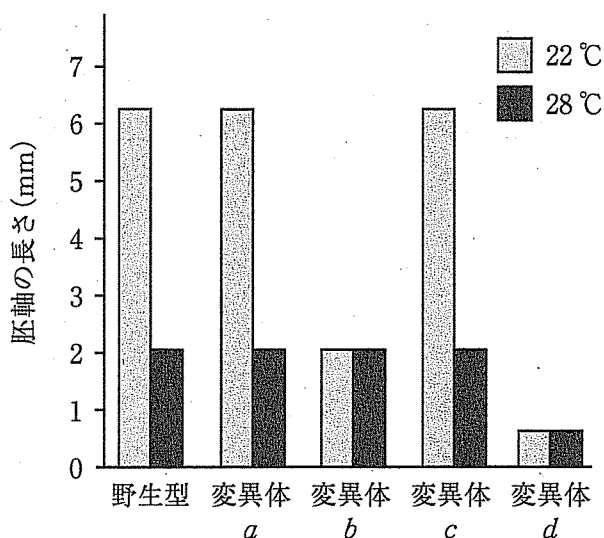


図1

考察文

- ① 変異体 a では野生型とくらべて 22°C での胚軸の伸長が抑制される。
- ② 変異体 b では野生型とくらべて 22°C での胚軸の伸長が抑制される。
- ③ 変異体 c では野生型とくらべて 22°C での胚軸の伸長が抑制される。
- ④ 変異体 d では野生型とくらべて 22°C での胚軸の伸長が抑制される。
- ⑤ 変異体 a では野生型とくらべて 28°C での胚軸の伸長が抑制される。
- ⑥ 変異体 b では野生型とくらべて 28°C での胚軸の伸長が抑制される。
- ⑦ 変異体 c では野生型とくらべて 28°C での胚軸の伸長が抑制される。
- ⑧ 変異体 d では野生型とくらべて 28°C での胚軸の伸長が抑制される。

(b) 調節タンパク質 B の機能をさらに詳細に解析した。一般的に、調節タンパク質は遺伝子の転写開始点近傍に存在する、転写を調節する配列に結合する。調節タンパク質 B と短い DNA 断片のみを含んだ結合実験を行った結果、調節タンパク質 B は 4 つの塩基配列からなる配列 S (CATG) に結合することがわかった。調節遺伝子 A, B, C, D それぞれの転写を調節する配列を含む 5,000 塩基対の内部に、配列 S は合計でいくつあると推定されるか。最も近い数字を解答群 C から選び、その番号をマークしなさい。なお、このゲノムの塩基配列では、各塩基の出現頻度には偏りがないとする。

解答群 C

0	2	1	4	2	8	3	20	4	40
5	80	6	200	7	400	8	800		

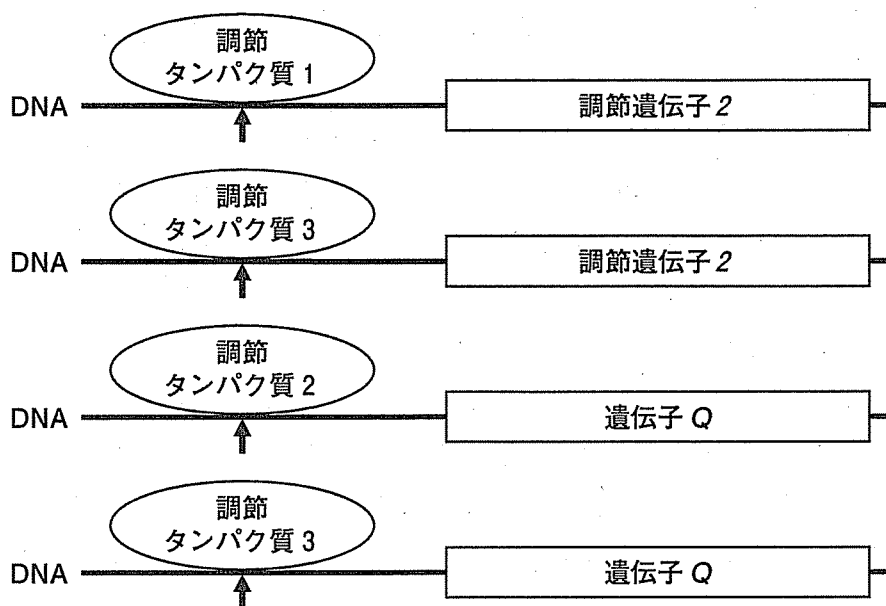
(c) (b) で推定した配列 S のうち、細胞内で調節タンパク質 B が実際に結合している箇所は、(b) での推定と比較して少なかった。その考察として、最も適切なものを解答群 D から選び、その番号をマークしなさい。

解答群 D

- 0 核内 DNA はスプライシングを受けて短くなるため。
- 1 核内 DNA で発生するポリメラーゼ連鎖反応の影響のため。
- 2 核内 DNA はクロマチン繊維を構成し、密に折りたたまれることで遺伝子の発現が抑制されることがあるため。
- 3 核内 DNA ではオペロンが形成されるため。
- 4 核膜に存在する核膜孔をリボソームが塞ぎ、調節タンパク質の出入りが制限されるため。

(3) 次の遺伝子の転写と調節に関する問題(a)~(c)に答えなさい。

- (a) ある調節遺伝子 1, 2, 3 は転写・翻訳され調節タンパク質 1, 2, 3 となり、調節遺伝子 1, 2, 3 のいずれか、もしくは遺伝子 Q の発現を調節する。その関係を図 2 で示す場合、調節タンパク質 1 の発現によって、調節されるネットワーク図として最も適切なものを解答群 E から選び、その番号をマークしなさい。なお、調節関係には、転写を促進する場合と抑制する場合があるものとする。また、各遺伝子はここで記述されている以外のタンパク質からの調節は受けないものとし、転写された mRNA はただちにタンパク質に翻訳され、タンパク質としての機能を有するものとする。



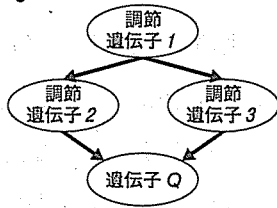
縦矢印は転写を調節する配列の位置を示す

図 2

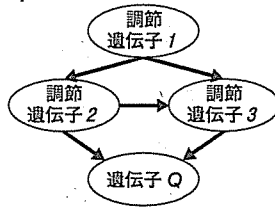
解答群E

矢印は調節関係を示す

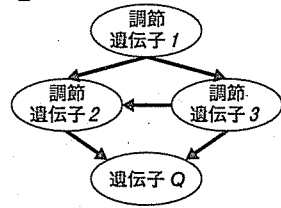
0



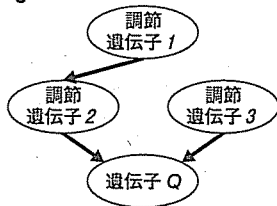
1



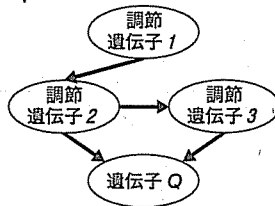
2



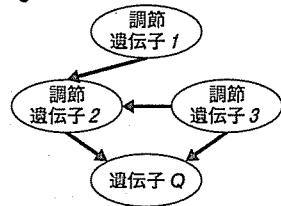
3



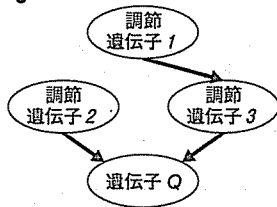
4



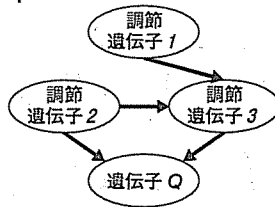
5



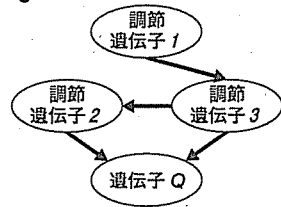
6



7



8



(b) 調節タンパク質4の発現により調節されるネットワークにおいて、調節タンパク質4, 5, 6およびタンパク質Rのタンパク質の時間的変化量を測定した結果を図3に示した。そのネットワークとして最も適切なものを解答群Fから選び、その番号をマークしなさい。なお、調節関係には、転写を促進する場合と抑制する場合があるものとする。また、各遺伝子はここで記述されている以外のタンパク質からの調節は受けないものとする。調節遺伝子4, 5, 6および遺伝子Rの発現の変化はそれぞれのタンパク質の量の変化と同様であった。

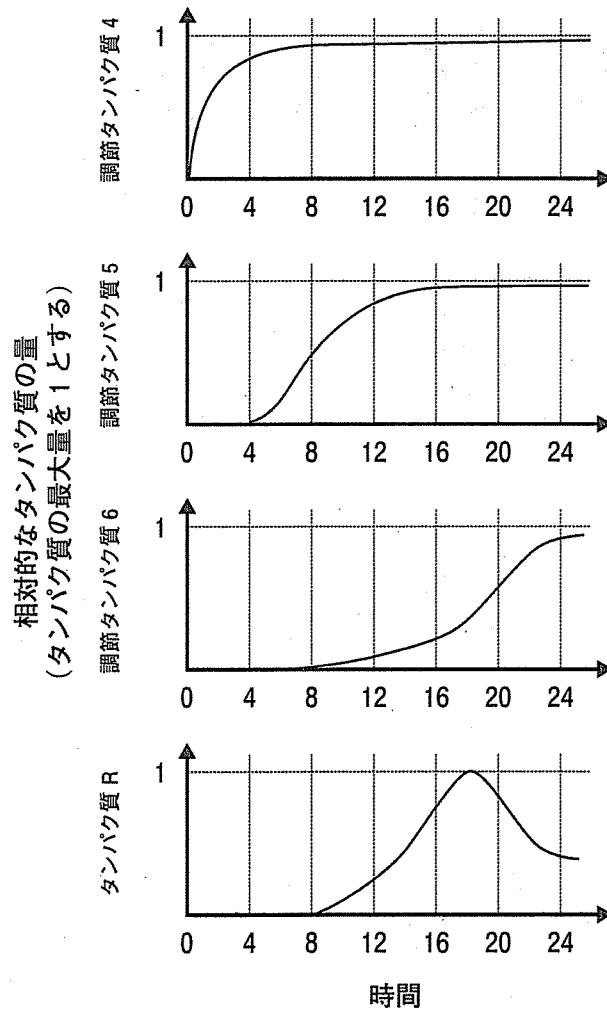
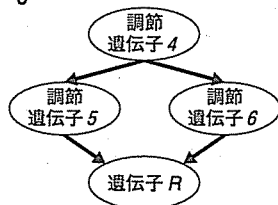


図3

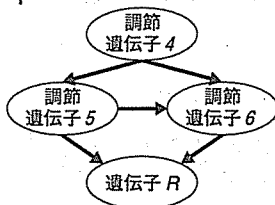
解答群 F

矢印は調節関係を示す

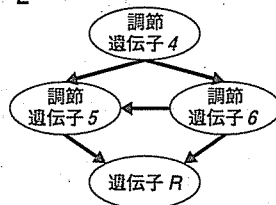
0



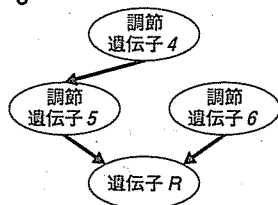
1



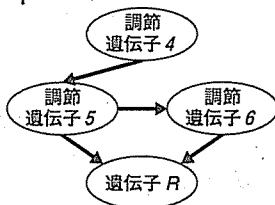
2



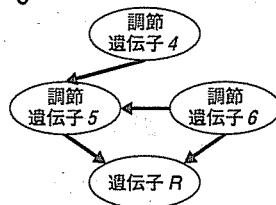
3



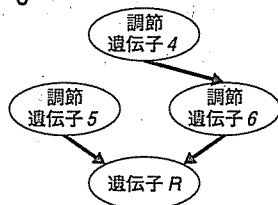
4



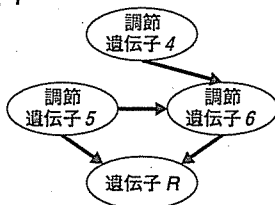
5



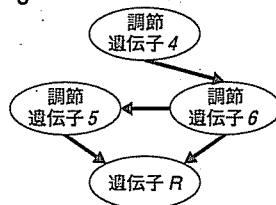
6



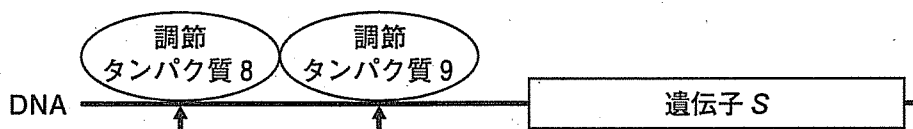
7



8



- (c) 調節遺伝子による転写調節ネットワークには、図4で示したように、調節タンパク質8と9の両方がそれぞれの転写を調節する配列に結合した場合に、遺伝子Sの転写が行われる例がある。



縦矢印は転写を調節する配列の位置を示す

図4

図5に示したネットワークから、調節遺伝子7の調節下で、遺伝子Sの転写が行われる可能性が全くないモデルの最も適切な組み合わせを、解答群Gから選び、その番号をマークしなさい。なお、調節遺伝子8および9は、調節タンパク質7, 8, 9のいずれかの調節タンパク質によって転写が開始される。

矢印は調節関係を示す

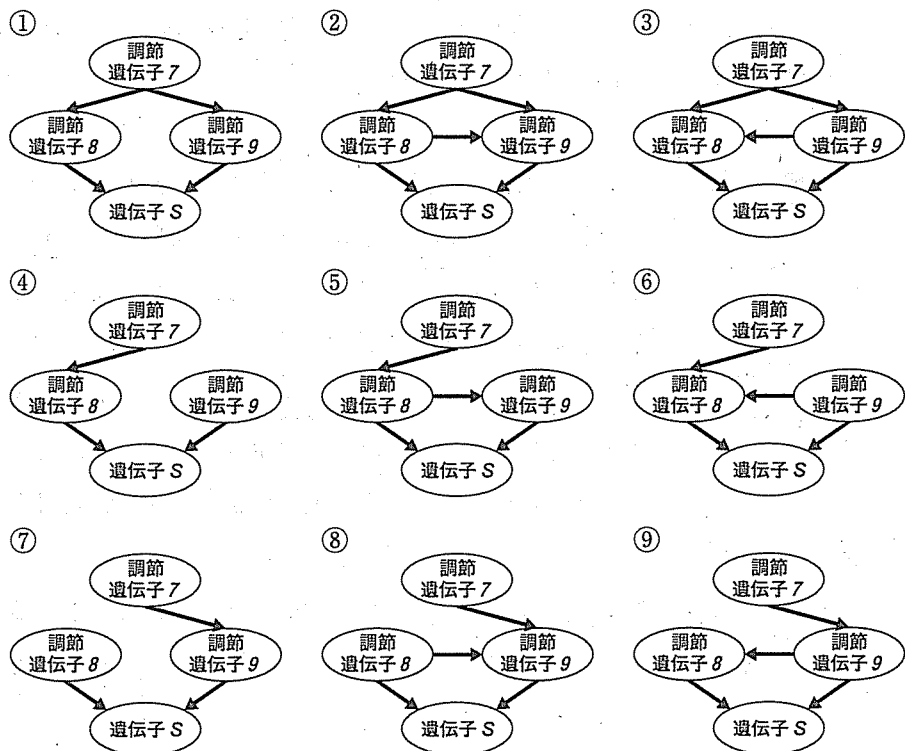


図 5

解答群 G

- | | | |
|------------------------|------------------------|---------------|
| 00 ①, ②, ③ | 01 ④, ⑤, ⑥ | 02 ⑦, ⑧, ⑨ |
| 03 ①, ④, ⑦ | 04 ②, ⑤, ⑧ | 05 ③, ⑥, ⑨ |
| 06 ④, ⑦, ⑧, ⑨ | 07 ⑤, ⑦, ⑧, ⑨ | 08 ⑥, ⑦, ⑧, ⑨ |
| 09 ④, ⑤, ⑦, ⑧ | 10 ④, ⑤, ⑦, ⑨ | 11 ④, ⑤, ⑧, ⑨ |
| 12 ⑤, ⑥, ⑦, ⑧ | 13 ⑤, ⑥, ⑦, ⑨ | 14 ⑤, ⑥, ⑧, ⑨ |
| 15 ④, ⑥, ⑦, ⑧ | 16 ④, ⑥, ⑦, ⑨ | 17 ④, ⑥, ⑧, ⑨ |
| 18 ①, ②, ③, ⑤, ⑧ | 19 ①, ②, ③, ⑤, ⑨ | |
| 20 ①, ②, ③, ⑥, ⑧ | 21 ①, ②, ③, ⑥, ⑨ | |
| 22 ①, ②, ③, ⑤, ⑥, ⑦ | 23 ①, ②, ③, ⑤, ⑥, ⑧ | |
| 24 ①, ②, ③, ⑤, ⑥, ⑨ | 25 ①, ②, ③, ⑤, ⑥, ⑦, ⑧ | |
| 26 ①, ②, ③, ⑤, ⑥, ⑧, ⑨ | 27 ①, ②, ③, ⑤, ⑥, ⑦, ⑨ | |

- 3 下記の生物の進化に関する文章を読み、次の問題(1)～(4)に答えなさい。解答はそれぞれの指示に従って最も適切なものを解答群から選び、その番号を解答用マークシートの所定欄にマークしなさい。(35点)

地球上に登場した最初の生物は酸素呼吸を行わない嫌気性原核微生物であったと考えられている。そして、 栄養生物である初期の 合成細菌は エネルギーにより を分解し、酸素を発生することなく を固定して有機物を合成していた。その後、 エネルギーにより を分解し、酸素を発生して を固定して有機物を合成する 合成細菌が登場した。この細菌が発生させる酸素は嫌気性原核生物にとって有毒であったが、長い時間をかけた進化の結果、酸素を利用する好気性細菌が出現した。

一部の従属栄養好気性細菌は嫌気性原核生物に取り込まれた結果、細胞小器官 A へと進化した。この細胞小器官 A は外膜と内膜からなる二重膜構造⁽ⁱ⁾をしている。

この様にして真核生物は誕生したが、現在でも細胞小器官に進化途上と考えられている昆虫共生細菌⁽ⁱⁱ⁾の存在が確認されている。

- (1) 上記文章の空欄(ア)～(カ)に入る最も適切な語句を解答群 A から選び、その番号をマークしなさい。なお、同じ記号の空欄には同じ語句が入るが、異なる記号の空欄に同じ語句が入る場合もあり得る。

解答群 A

- | | | | |
|------|---------|-----|--------|
| 0 独立 | 1 従属 | 2 光 | 3 化学 |
| 4 酸化 | 5 位置 | 6 水 | 7 硫化水素 |
| 8 窒素 | 9 二酸化炭素 | | |

- (2) 細胞小器官 A として最も適切な語句を解答群 B から選び、その番号をマークしなさい。

解答群 B

- | | | |
|---------|-----------|--------|
| 0 核 | 1 ミトコンドリア | 2 葉緑体 |
| 3 滑面小胞体 | 4 粗面小胞体 | 5 ゴルジ体 |
| 6 液 胞 | 7 リソソーム | 8 微小管 |

- (3) 下線部(i)を構成している外膜と内膜に由来していると考えられている最も適切な生物の組み合わせを解答群 C から選び、その番号をマークしなさい。

解答群 C

外 膜

内 膜

- | | |
|-----------|---------|
| 0 好気性細菌 | 嫌気性原核生物 |
| 1 好気性細菌 | 好気性細菌 |
| 2 嫌気性原核生物 | 好気性細菌 |
| 3 嫌気性原核生物 | 嫌気性原核生物 |

- (4) 下線部(ii)に関する次の文章 I, II を読み, (a)~(d)の問題に答えなさい。

文章 I

昆虫 X は有性生殖により増殖し, その性比は 1 : 1 で, 受精に際しては精子の核のみが卵細胞に移行する。また, 昆虫 X の体細胞や卵細胞中には細胞小器官 A が存在している。

昆虫 X には互いに交配可能な系統 X 1, X 2 がある。X 1 は日本の北部に分布し, X 2 は日本の南部に分布している。また, DNA 塩基配列に基づく系統解析により, X 1 の核由来 DNA は K 1 タイプ, 細胞小器官 A 由来 DNA は L 1 タイプに, X 2 の核由来 DNA は K 2 タイプ, 細胞小器官 A 由来 DNA は L 2 タイプに分けることができる。

屋内実験として, X 1 のメス個体 1 匹を, X 2 が大量に飼育されている飼育箱に入れた。そして, この X 1 メスと X 2 オスが交配して, 子である X f1 が生じた。X f1 の周りは X 2 ばかりなので, X f1 は X 2 と交配して X f2 を生み, X f2 も X 2 と交配して X f3 を生じた。この様にしてずっと交配を続けて X fn となった。n は十分に大きな数とする。

- (a) X f1 メスが X 2 オスと交配して X f2 メスが生まれ, その X f2 メスが X 2 オスと交配して X f3 メスが生まれ, という具合に次々と X 2 オスと交配を続けて X fn メスが生じたとする。X fn メスの DNA タイプとして最も適切であると考えられる組み合わせを解答群 D から一つ選び, その番号をマークしなさい。

解答群 D

- 0 K 1 と L 1
- 1 K 1 と L 2
- 2 K 2 と L 1
- 3 K 2 と L 2

- (b) X f1 オスが X 2 メスと交配して X f2 オスが生まれ、その X f2 オスが X 2 メスと交配して X f3 オスが生まれ、という具合に次々と X 2 メスと交配を続けて X fn オスが生じたとする。X fn オスの DNA タイプとして最も適切であると考えられる組み合わせを解答群 E から一つ選び、その番号をマークしなさい。

解答群 E

- 0 K 1 と L 1
- 1 K 1 と L 2
- 2 K 2 と L 1
- 3 K 2 と L 2

文章 II

一部の昆虫 X の細胞質には昆虫共生細菌 α が生育している。この昆虫共生細菌 α は昆虫 X の細胞内でのみ生存が可能で、親から子への垂直感染でのみ伝播し、感染した昆虫の卵細胞内にも存在している。なお、昆虫共生細菌 α に感染した昆虫 X のオスと感染していないメスとが交配すると全て卵の段階で死滅してしまい、子は生じない。

- (c) 昆虫共生細菌 α に感染した昆虫 X のオスとメス、および感染していない昆虫 X のオスとメスが全て同じ個体数であるとする。それぞれがランダムに一回交配して生まれた子のうち、昆虫共生細菌 α に感染している個体数と感染していない個体数はどの様になったか、空欄(キ)に入る最も適切な番号を解答群 F から一つ選び、その番号をマークしなさい。

感染個体数：非感染個体数 = (キ)

解答群 F

- 0 1 : 1 1 1 : 2 2 1 : 3 3 2 : 1 4 3 : 1

- (d) 野生の昆虫 X を日本北部から 4 個体採取し、それぞれ X 1a, X 1b, X 1c, X 1d とし、南部から 4 個体採取し、X 2p, X 2q, X 2r, X 2s とした。

図 1 は採取した昆虫の細胞小器官 A 由来 DNA 塩基配列に基づいた系統樹で、図 2 は採取した昆虫の核由来 DNA 塩基配列に基づいた系統樹である。これらの系統樹から考えられることを記した次の①～⑧の中から、最も適切な組み合わせを解答群 G から一つ選び、その番号をマークしなさい。

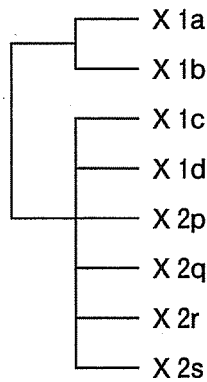


図 1

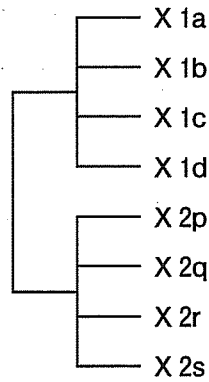


図 2

- ① X 1a と X 1b の細胞中には昆虫共生細菌 α が存在し、残りの 6 個体には昆虫共生細菌 α が存在していなかった。
- ② X 1a と X 1b の細胞中には昆虫共生細菌 α が存在せず、残りの 6 個体には昆虫共生細菌 α が存在していた。
- ③ 大量の X 1 が南部へと進出した。
- ④ ごく少量の X 1 が南部へと進出した。
- ⑤ 大量の X 2 が北部へと進出した。
- ⑥ ごく少量の X 2 が北部へと進出した。
- ⑦ 昆虫共生細菌 α は日本の南部から北部へと進出しつつある。
- ⑧ 昆虫共生細菌 α は日本の北部から南部へと進出しつつある。

解答群G

00 ①, ③, ⑦

03 ①, ⑥, ⑦

06 ①, ⑤, ⑧

09 ②, ④, ⑦

12 ②, ③, ⑧

15 ②, ⑥, ⑧

01 ①, ④, ⑦

04 ①, ③, ⑧

07 ①, ⑥, ⑧

10 ②, ⑤, ⑦

13 ②, ④, ⑧

02 ①, ⑤, ⑦

05 ①, ④, ⑧

08 ②, ③, ⑦

11 ②, ⑥, ⑦

14 ②, ⑤, ⑧