

医学部医学科理科入試問題

下記の注意事項をよく読んで解答してください。

◎注意事項

1. 生物、物理、化学の3科目から2科目を選択し、解答してください。
2. 解答用紙は、生物1枚(マークシート)、物理1枚(マークシート)、化学1枚(マークシート)となります。
3. 選択しない科目の解答用マークシートには、右上から左下にかけて斜線を引いてください。どの2科目を選択したか、不明確な場合はすべて無効となります。
4. 「止め」の合図があったら、上から生物、物理、化学の順に解答用マークシートを重ねて置き、その右側に問題冊子を置いてください。(受験番号のマークの仕方) さい。

◎解答用マークシートに関する注意事項

1. 配付された問題冊子、全ての解答用マークシートに、それぞれ受験番号(4桁)ならびに氏名を記入し、解答用マークシートの受験番号欄に自分の番号を正しくマークしてください。
2. マークには必ずHBの鉛筆を使用し、濃く正しくマークしてください。

記入マーク例：良い例 ●

悪い例 ○ ◊ ◌ ◉

3. マークを訂正する場合は、消しゴムで完全に消してください。
4. 所定の記入欄以外には何も記入しないでください。
5. 解答用マークシートを折り曲げたり、汚したりしないでください。

受験番号			
千	百	十	一
0	0	7	2

受験番号			
千	百	十	一
●	●	○	○
○	○	●	○
○	○	○	●
○	○	○	○
○	○	○	○
○	○	○	○
○	○	○	○
○	○	○	○
○	○	○	○
○	○	○	○

受験番号

氏名

- ・生物の問題は、 1 ページから 19 ページまでです。
- ・物理の問題は、 20 ページから 34 ページまでです。
- ・化学の問題は、 35 ページから 48 ページまでです。

◇ M1 (794-2)

生 物

1 ゾウリムシに関する以下の文を読み、問1～6に答えよ。

(文1)

ゾウリムシは、池や水田などの淡水中に見られる生物である。野外で採取したゾウリムシを実験室へ持ち帰り、光学顕微鏡で観察した。

(観察1)

10倍の接眼レンズと20倍の対物レンズを用いて、対物マイクロメーターと接眼マイクロメーターを見ると、対物マイクロメーター15目盛り分の長さが接眼マイクロメーターの31目盛り分の長さと同じであった。次に対物マイクロメーターをはずして、ゾウリムシをのせたプレパラートを観察すると、ゾウリムシの体長は接眼マイクロメーターの45目盛り分の長さに相当した。

問1 観察1から求められるゾウリムシの体長はおよそどれか。ただし対物マイクロメーターは100目盛りで1mmに相当する。

- a. 140 μm
- b. 160 μm
- c. 180 μm
- d. 200 μm
- e. 220 μm
- f. 240 μm

問2 ゾウリムシについて誤っているのはどれか。

- a. 核膜を持つ。
- b. 従属栄養である。
- c. 環境に応じて多細胞体を形成する。
- d. 無性生殖と有性生殖の両方を行う。

(文 2)

ゾウリムシは体表に多数の繊毛を有しており、その繊毛の運動によって水中を遊泳することができる。ビデオカメラを接続した実体顕微鏡を用いて、シャーレ中のゾウリムシの運動を観察し、さらに実験を行った。

(観察 2)

観察 2—1：前進遊泳しているゾウリムシの前端部が障害物にぶつかるなどの機械刺激を受けると、繊毛は逆方向に波打って(繊毛打逆転)、すなわち尾側から頭側方向へ波打って、ゾウリムシは後進遊泳する。しばらく後進するとゾウリムシは停止し、その場で後端を支点にして頭をぐるぐる回す運動を行う。その後、繊毛は再び頭側から尾側方向へ波打って前進遊泳を再開する。一連の行動の結果、前進遊泳の方向が変化したため障害物を避けることが出来る。この行動は回避反応と呼ばれる。

観察 2—2：細胞の後端部に細いガラス棒でつつくなどの機械刺激を与えると前進遊泳の速度が速くなる(正常打の強化)。この行動は逃走反応と呼ばれる。

(実験 1)

ゾウリムシを界面活性剤であるトリトンX-100 とキレート剤を含む溶液で処理を行った。トリトンX-100 で細胞を処理すると細胞膜が破壊されて細胞は死ぬが、繊毛の運動装置は保たれることが知られている。また、キレート剤は溶液中の金属イオンを除去する働きを持っている。このような処理を施したゾウリムシを基本溶液へ入れ、表 1 に従って ATP、マグネシウムイオン、カルシウムイオンを添加して反応を観察した。

表 1. ゾウリムシの遊泳実験

	添加物を+で示す			ゾウリムシの反応
	ATP	マグネシウムイオン	カルシウムイオン	
溶液 1	-	-	-	動かなかった
溶液 2	+	-	-	動かなかった
溶液 3	-	+	-	動かなかった
溶液 4	-	-	+	動かなかった
溶液 5	+	+	-	前進遊泳を行った
溶液 6	+	-	+	動かなかった
溶液 7	+	+	+	後進遊泳を行った

問 3 実験 1 から想定される仮説はどれか。2 つ選べ。

- a. マグネシウムイオンは、繊毛の後進遊泳に必須であるが、前進遊泳には必要でない。
- b. カルシウムイオンは、繊毛の前進遊泳に必須であるが、後進遊泳には必要でない。
- c. トリトン X-100 処理を行うと繊毛打逆転のメカニズムは破壊される。
- d. 繊毛運動にはマグネシウムイオンと ATP 分解酵素が関与している。
- e. カルシウムイオンは、正常打の強化のメカニズムに必要である。
- f. カルシウムイオンは、繊毛打逆転のメカニズムに必要である。
- g. 繊毛運動は特定のイオンを必要としない。

(文 3)

(実験 2)

さらにゾウリムシの運動についてより詳細な手がかりを得るために、物理的に動けなくしたゾウリムシの体に細い電極を刺入して細胞膜の静止電位を計測した。その結果、静止電位は $-25 \sim -30 \text{ mV}$ くらいであることがわかった。なお、この実験環境でのカリウムイオンとカルシウムイオンの細胞内外での濃度は表 2 のようであったとする。さらにこのゾウリムシに機械刺激を与えて膜電位の変化を計測した。

実験 2-1 : 細胞の前端部に機械刺激を与えると、膜電位は図 1a のように変化した。

実験 2-2 : 細胞の後端部に機械刺激を与えると、膜電位は図 1b のように変化した。

ゾウリムシの細胞膜には、機械刺激で開くカリウムチャンネル、機械刺激で開くカルシウムチャンネル、電位変化によって開くカリウムチャンネル、電位変化によって開くカルシウムチャンネルと能動輸送を行うカルシウムポンプなど多種のタンパク質が分布していると考えられている。ゾウリムシが機械刺激を受けると以下の一連の事象が生じると考えられる。

ゾウリムシの **ア** が、機械刺激を受けると **イ** が開いて **ウ** が細胞内へ流入する。その結果、膜電位が脱分極する。この電位の変化は細胞の表面を伝導し、その膜電位の変化によって **エ** が活性化する。この **エ** は、繊毛の細胞膜に分布していることが報告されている。さらに多くの **ウ** が細胞内へ流入し、一定濃度へ達すると繊毛運動の方向は逆転する。しばらくすると **イ** と **エ** が不活性化し、**オ** が活性化すると細胞質内の **ウ** の濃度が低下し、繊毛運動の方向は元へもどる。

表 2. 細胞内外のイオン濃度

イオン濃度		
	カリウムイオン	カルシウムイオン
細胞内	20 mM	1.0×10^{-7} M
細胞外	2 mM	1 mM

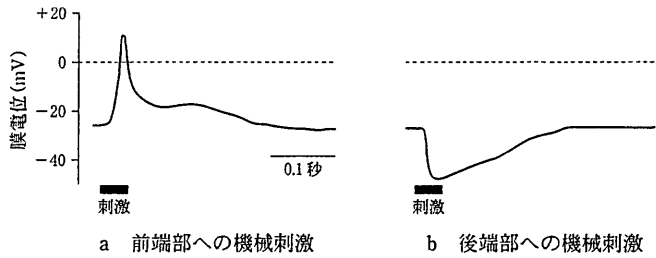


図 1. ソウリムシの機械刺激による膜電位の変化

問 4 ア と ウ の組合せで正しいのはどれか。

ア — ウ

- a. 前 端 — カリウムイオン
- b. 前 端 — カルシウムイオン
- c. 前 端 — マグネシウムイオン
- d. 後 端 — カリウムイオン
- e. 後 端 — カルシウムイオン
- f. 後 端 — マグネシウムイオン

問 5 イ と エ と オ に当てはまるのはそれぞれどれか。

同じものを複数回選んでも良い。

- a. 機械刺激で開くカリウムチャネル
- b. 機械刺激で開くカルシウムチャネル
- c. 電位変化によって開くカリウムチャネル
- d. 電位変化によって開くカルシウムチャネル
- e. 能動輸送を行うカルシウムポンプ

(文4)

ゾウリムシにはいろいろな走性があることが知られている。たとえば、ゾウリムシの入ったシャーレの両端に直流電流を流すとゾウリムシはマイナス極の周辺に集まる。この行動は負の走電性と呼ばれる。これは細胞体を横切って流れる電流のため、細胞のプラス極側では、膜電位は となり、マイナス極側では膜電位は となるためであると考えられている。たとえばゾウリムシの前端がマイナス極を向いている場合、細胞の前半の繊毛は し、後半の繊毛では が生じる。前者よりも後者の推進力のほうが大きいため、ゾウリムシはマイナス極へ向かう。

問6 と の組合せで正しいのはどれか。

イ — エ

- a. 過分極 — 繊毛打逆転
- b. 過分極 — 正常打の強化
- c. 脱分極 — 繊毛打逆転
- d. 脱分極 — 正常打の強化
- e. 再分極 — 繊毛打逆転
- f. 再分極 — 正常打の強化

2

植物の交雑実験に関する以下の文を読み、問7～10に答えよ。

ある植物では花色に関する対立遺伝子 A と a の間には優劣関係が無く、 AA が赤花、 Aa が桃花、 aa が白花となる。一方、茎色に関する対立遺伝子 B と b の間には優劣関係があり、 BB と Bb が紫茎、 bb が緑茎となる。これら2つの対立遺伝子は独立の法則に従って遺伝する。この植物の赤花・紫茎の株と白花・緑茎の株の交雑を行ったところ、得られた雑種第一代(F_1)はすべて桃花・紫茎となった。この F_1 の全個体をそれぞれ自家受精させて、雑種第二代(F_2)を得た。次に、 F_2 の全個体を自家受精させて、雑種第三代(F_3)を得た。さらに、 F_3 の全個体を自家受精させて、雑種第四代(F_4)を得た。

問7 F_3 の花色についての表現型の分離比として正しいのはどれか。

赤花 : 桃花 : 白花

- a. 0 : 1 : 0
- b. 1 : 0 : 1
- c. 1 : 1 : 1
- d. 1 : 2 : 1
- e. 2 : 1 : 2
- f. 2 : 3 : 2
- g. 3 : 2 : 3
- h. 2 : 7 : 2
- i. 7 : 2 : 7
- j. 9 : 4 : 3

問 8 F₁ の茎色についての表現型の分離比として正しいのはどれか。

紫茎 : 緑茎

- a. 1 : 0
- b. 1 : 1
- c. 1 : 2
- d. 2 : 1
- e. 2 : 3
- f. 3 : 1
- g. 3 : 2
- h. 5 : 2
- i. 5 : 3
- j. 9 : 7

問 9 F₂ の表現型の分離比として正しいのはどれか。

赤花・紫茎 : 桃花・紫茎 : 白花・紫茎 : 赤花・緑茎 : 桃花・緑茎 : 白花・緑茎

- a. 1 : 2 : 1 : 3 : 0 : 1
- b. 3 : 0 : 1 : 1 : 2 : 1
- c. 1 : 2 : 1 : 2 : 3 : 2
- d. 2 : 3 : 2 : 1 : 2 : 1
- e. 3 : 6 : 3 : 1 : 2 : 1
- f. 1 : 2 : 1 : 3 : 6 : 3
- g. 3 : 6 : 3 : 3 : 0 : 1
- h. 3 : 0 : 1 : 3 : 6 : 3
- i. 3 : 2 : 3 : 1 : 2 : 1
- j. 1 : 2 : 1 : 3 : 2 : 3

問10 F₂のある個体間で交配したところ、次代の表現型の分離比は桃花・紫茎：白花・紫茎：桃花・緑茎：白花・緑茎＝3：3：1：1であった。親の遺伝子型として正しいのはどれか。2つ選べ。ただし、両親とも同じ遺伝子型の場合には1つだけ選べ。

- a. *AABB*
- b. *AaBB*
- c. *aaBB*
- d. *AABb*
- e. *AaBb*
- f. *aaBb*
- g. *AAbb*
- h. *Aabb*
- i. *aabb*

3 骨格筋の収縮に関する以下の文を読み、問 11～16 に答えよ。

脊髄の運動ニューロンの軸索を伝わる興奮が、その軸索末端まで伝導されると、末端部のシナプスに存在するシナプス小胞から [ア] という神経伝達物質が、シナプスと筋の接合部の狭いすき間に放出される。この神経伝達物質が、筋細胞表面にある受容体に結合することにより、[イ] イオンが筋細胞内に流入し、筋細胞膜が興奮する。この興奮が筋原繊維をとりまく筋小胞体に伝わり、その中に貯蔵されていた [ウ] イオンが放出され、筋原繊維を構成する細い [エ] フィラメントと太い [オ] フィラメントとの相互作用をひきおこし、筋収縮がおこる。

筋収縮に関する以下の3つの実験を行った。

- (実験1) カエルの下肢の筋に神経をつけた状態の標本(神経筋標本)を、図2のように準備した。Aは筋から30mm、Bは70mm離れている。AとBの電気刺激によって得られた結果は図3のようになった。なお、音さは1秒間に1,000回振動する。
- (実験2) 電気刺激の頻度を1回刺激から2回刺激へと増加させて反応を記録した。
- (実験3) 神経筋標本全体をリンガー液に浸し、神経を刺激して反応を記録したところ、図4Aの結果が得られた。リンガー液をある薬物を含む液体に変えて記録したところ、図4Bのような結果となった。同じ液体に浸した筋を、直接電気刺激したところ、図4Cの結果が得られた。

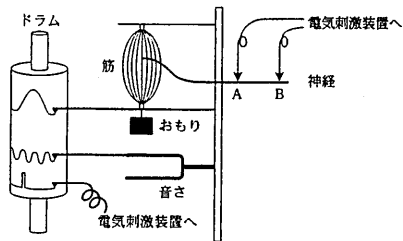


図 2

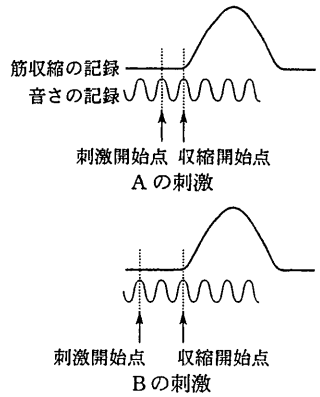


図 3

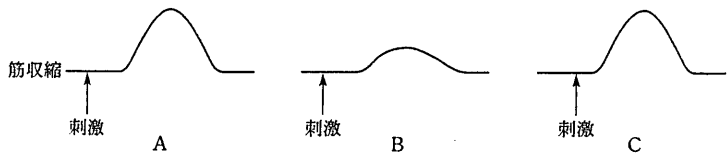


図 4

問11 ~ に当てはまるものをそれぞれ選べ。

- | | | | |
|----|-------------|-----------|----------|
| ア: | a. アセチルコリン | b. アドレナリン | c. クレアチン |
| | d. ノルアドレナリン | e. ミオグロビン | |
| イ: | a. 塩素 | b. カリウム | c. カルシウム |
| | d. ナトリウム | e. マグネシウム | |
| ウ: | a. 塩素 | b. カリウム | c. カルシウム |
| | d. ナトリウム | e. マグネシウム | |
| エ: | a. アクチン | b. キネシン | c. ダイニン |
| | d. チュープリン | e. ミオシン | |
| オ: | a. アクチン | b. キネシン | c. ダイニン |
| | d. チュープリン | e. ミオシン | |

問12 この神経の伝導速度(m/秒)を求めよ。

- 百の位① a. 1 b. 2 c. 3 d. 4 e. 5
 f. 6 g. 7 h. 8 i. 9 j. 0
- 十の位② a. 1 b. 2 c. 3 d. 4 e. 5
 f. 6 g. 7 h. 8 i. 9 j. 0
- 一の位③ a. 1 b. 2 c. 3 d. 4 e. 5
 f. 6 g. 7 h. 8 i. 9 j. 0

問13 神経末端まで興奮が伝えられてから、筋が収縮するまでの時間(ミリ秒)を求めよ。

- 一の位① a. 1 b. 2 c. 3 d. 4
 e. 5 f. 6 g. 7 h. 8
 i. 9 j. 0
- 小数点以下一位② a. 1 b. 2 c. 3 d. 4
 e. 5 f. 6 g. 7 h. 8
 i. 9 j. 0
- 小数点以下二位③ a. 1 b. 2 c. 3 d. 4
 e. 5 f. 6 g. 7 h. 8
 i. 9 j. 0

問14 筋繊維の異なる部分の横断面を描いた模式図を図5X, Yに示す。筋収縮時にはX, Yの断面をもつ部分の長さは、筋弛緩時と比較してどうなるか。正しい組合せを選べ。

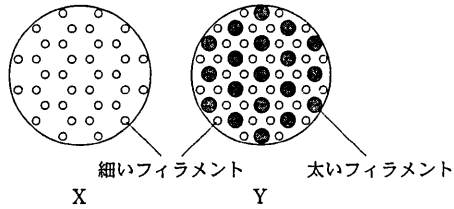


図5

- | X | Y |
|----------|-------|
| a. 長くなる | 長くなる |
| b. 長くなる | 短くなる |
| c. 長くなる | 変わらない |
| d. 短くなる | 長くなる |
| e. 短くなる | 短くなる |
| f. 短くなる | 変わらない |
| g. 変わらない | 長くなる |
| h. 変わらない | 短くなる |
| i. 変わらない | 変わらない |

— 8 —

問15 実験2で得られる結果として適切なのはどれか。ただし図6には1回刺激での反応を示す。

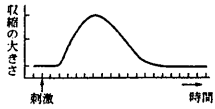
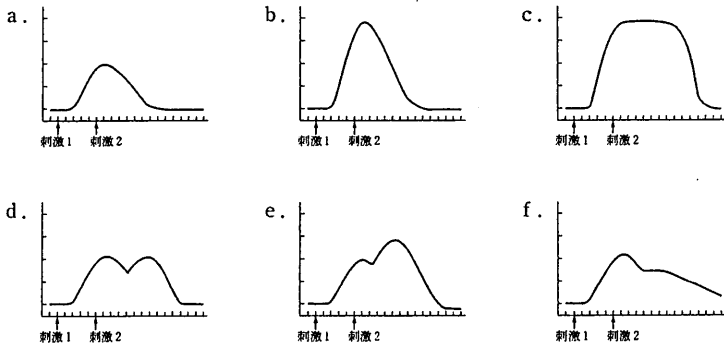


図6



問16 実験3より、この薬物の作用部位として、どこが考えられるか。考えられるものをすべて選べ。

- a. 筋小胞体
- b. シナプス
- c. 受容体
- d. 神経繊維
- e. 太いフィラメント
- f. 細いフィラメント

4 遺伝情報の発現に関する以下の文を読み、問 17～23 に答えよ。

(文1)

細胞内で行われる物質交代を [ア] といい、生命活動に必要なエネルギーを獲得する [イ] と、エネルギーを使って物質からタンパク質などの機能物質を作り出す [ウ] がある。 [イ] と [ウ] は同時に進行しているにもかかわらず、そのバランスは崩れることなく保たれている。なぜなら、細胞内における多数の酵素反応は常に調節を受け、 [ア] に必要な成分を過不足なく生産する調節能力が備わっているからである。

大腸菌には、 [ア] に直接関与する酵素の生産量を状況に応じて緻密に調節する機能が備わっている。大腸菌はまわりに [エ] であるラクトースが存在するときにはラクトースを加水分解する酵素： β -ガラクトシダーゼを生成するが、ラクトースが存在しない環境下ではこの酵素をごく少量しか生産しない。 β -ガラクトシダーゼの生産調節に関わる遺伝子群はラクトースオペロンという(図7)。 β -ガラクトシダーゼのアミノ酸配列情報をコードしている遺伝子は *lacZ* と呼ばれ、*lacZ* の隣にはオペレーターという遺伝子部位が存在している。さらにオペレーターの近くには遺伝子の [オ] の開始を制御するプロモーターという遺伝子部位が存在している。大腸菌がグルコースを利用しているときにはリプレッサーという調節タンパク質がオペレーターに結合しており、 [オ] は開始されない。しかし、大腸菌をグルコースは含まないがラクトースを含む培地に移すと、大腸菌内でラクトースは誘導物質に変化し、誘導物質はリプレッサーと結合し、リプレッサーがオペレーターからはずれ、 [オ] が開始されることになる。

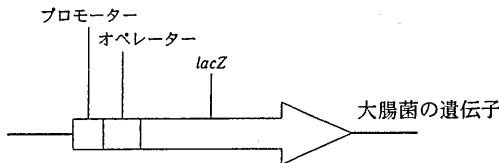


図7

問17 , , に当てはまるのはどれか。それぞれ答えよ。

- a. 異化 b. 基質 c. 合成 d. 酸化 e. 消化
f. 代謝 g. 脱窒 h. 窒素固定 i. 同化

問18 に当てはまるのはどれか。

- a. 単糖 b. 二糖 c. 三糖 d. オリゴ糖 e. 多糖

問19 に当てはまるのはどれか。

- a. 転写 b. 修復 c. 増幅
d. 複製 e. 変異 f. 翻訳

(文2)

1種類の生物がもつ DNA の全体のなかから、特定の遺伝子を含む DNA 断片を選び出してふやす方法を遺伝子のクローニングという。この方法により、遺伝子を物質として分析し、塩基配列の決定などが行える。さらに、クローニングした遺伝子を、培養細胞や大腸菌に導入し、有用なタンパク質を生産できる。大腸菌の遺伝子：ラクトースオペロンを用いた遺伝子クローニングの概略を記す(図8)。

図8に示したラクトースオペロンを構成する DNA、およびアンピシリンという抗生物質を分解できる酵素を生成できる遺伝子：*Amp^r* をベクターの DNA につなぐ。次に、大腸菌にもともと存在しているラクトースオペロンを構成する DNA を除去した変異大腸菌を用意する。ラクトースオペロンと *Amp^r* を含むベクター DNA を変異大腸菌に導入し、ディッシュ(蓋付きの小皿)内の寒天培地で培養すると、培地上にはもともと1個の大腸菌がふえてできたコロニー(集落)が多数観察される。ベクターを導入された大腸菌では、 β -ガラクトシダーゼはある条件下で生成され、アンピシリン分解酵素は常に生成されている。野生型の大腸菌はアンピシリン存在下で生存できないが、*Amp^r* 遺伝子をもつ大腸菌はアンピシリン存在下で生存する能力を獲得する。

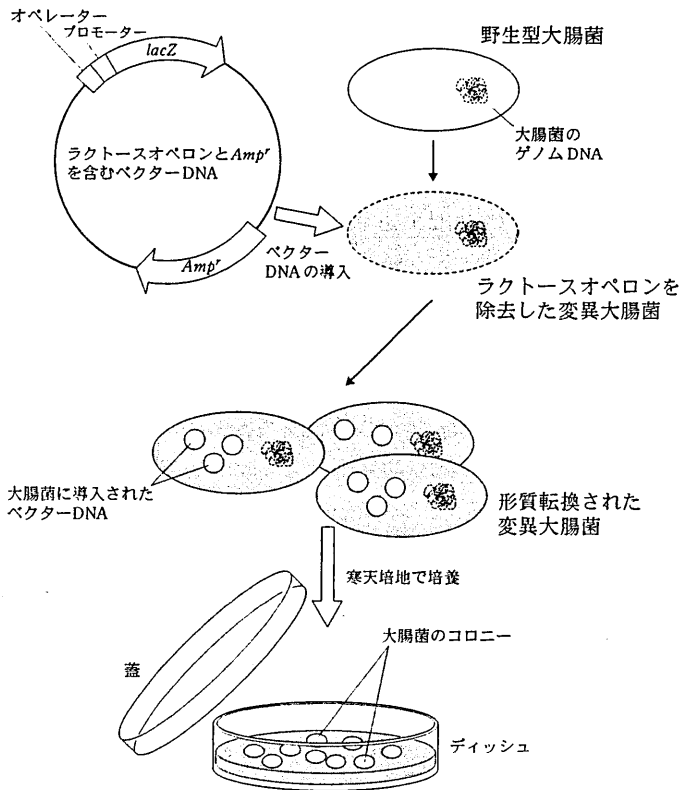


図 8

このシステムを用いて以下の実験を行った。

実験：変異大腸菌、およびに変異大腸菌にラクトースオペロンと *Amp^r* を含むベクター DNA を導入した後、ディッシュ中の寒天培地で培養してコロニーを作らせた。培地には栄養源としてグルコースあるいはラクトースを加えた。さらに培地に物質 A と物質 B を加えた。物質 A はラクトースオペロンにおけるリプレッサーを阻害する物質である。物質 B は栄養源にはならないが、 β -ガラクトシダーゼによって分解され、青色を呈する物質である。物質 B を分解できない大腸菌は白いコロニーを作り、物質 B を分解できる大腸菌は青いコロニーを作る。ディッシュごとに添加した物質の条件を表 3 に示す。各ディッシュで実験に用いた変異大腸菌の菌数は等しく、ベクター DNA の導入効率率は 0.1% (1000 個の大腸菌のうち 1 個の大腸菌にベクターが導入される) である。

表 3

ディッシュ番号	a	b	c	d	e	f	g	h	i
ベクターの導入	+	+	+	+	+	+	+	-	-
アンピシリン添加	-	+	+	+	+	+	-	+	-
グルコース添加	+	-	+	+	+	-	-	+	+
ラクトース添加	-	-	-	-	-	+	+	-	-
物質 A の添加	+	-	+	-	+	-	-	+	+
物質 B の添加	+	+	-	+	+	+	+	+	+

+ 有, - 無

問20 表 3 のディッシュ a ~ i のうち、コロニーが出現しないのはどれか。2 つ選べ。

問21 表 3 のディッシュ a ~ i のうち、コロニーの出現数が多いのはどれか。3 つ選べ。

問22 表 3 のディッシュ a ~ i のうち、すべてのコロニーが青色を呈するのはどれか。2 つ選べ。

5

ラン藻類の進化に関する問 23～25 に答えよ。

問23 ラン藻類に関する記述について正しいのはどれか。

- a. 真正細菌に属す。
- b. 古細菌と同じ種類である。
- c. 今から約 15 億年前に出現した。
- d. 最初に出現したラン藻はクックソニアである。
- e. 真核生物に存在するミトコンドリアの祖先である。

問24 ラン藻類の出現は地球環境に多大な影響を与えた。ラン藻類の出現以降に位置する項目はどれか。すべて選べ。

- a. 光合成細菌の出現
- b. 多細胞生物の出現
- c. 好気性細菌の繁栄
- d. 化学合成細菌の出現
- e. RNA ワールドの完成
- f. 縞(しま)状鉄鉱層の盛んな形成

問25 ラン藻類に存在するのはどれか。3つ選べ。

- a. 核 膜
- b. 小胞体
- c. 葉緑体
- d. チラコイド
- e. リボソーム
- f. クロロフィル a
- g. クロロフィル b
- h. クロロフィル c