

## 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 |
| ●       | ● | ○ | ○ |
| ①       | ① | ● | ① |
| ②       | ② | ② | ● |
| ③       | ③ | ③ | ③ |
| ④       | ④ | ④ | ④ |
| ⑤       | ⑤ | ⑤ | ⑤ |
| ⑥       | ⑥ | ⑥ | ⑥ |
| ⑦       | ⑦ | ⑦ | ⑦ |
| ⑧       | ⑧ | ⑧ | ⑧ |
| ⑨       | ⑨ | ⑨ | ⑨ |

受験番号

氏 名

- ・生物の問題は、 1 ページから 16 ページまでです。
- ・物理の問題は、 17 ページから 31 ページまでです。
- ・化学の問題は、 32 ページから 45 ページまでです。

# 生 物

1 以下の問 1 から問 4 に答えよ。

問 1 細胞膜の説明として誤っているものはどれか。2 つ選べ。

- a. 細胞外からの情報を細胞内に伝える受容体がある。
- b. 核やミトコンドリアを構成する膜も含めて生体膜と呼ぶ。
- c. リン脂質の二重層にタンパク質がモザイク状に分布している。
- d. チャンネルと呼ばれるタンパク質によって他の細胞と結合する。
- e. グルコースはポンプと呼ばれるタンパク質によって輸送される。
- f. 細胞膜のタンパク質は膜内を水平移動したり回転することができる。

問 2 神経細胞は、他の組織の細胞と比較して特に発達した生理機構を多く持つ。神経細胞で特に発達している構造として適切なものを 3 つ選べ。

- a. 中心体
- b. 分泌小胞
- c. 粗面小胞体
- d. リソソーム
- e. 受容体に富んだ細胞膜

問 3 配偶子形成の際に起こる減数分裂では、母細胞に含まれていた相同染色体がランダムに分裂後の細胞に分配される。乗換えを考慮しない場合、 $2n = 10$  の生物では、染色体の組み合わせの数は減数分裂第一分裂後と減数分裂第二分裂後でそれぞれ何通りになるか。減数分裂第一分裂後の組み合わせ数を①に、減数分裂第二分裂後の組み合わせ数を②にそれぞれマークしなさい。

- a. 1
- b. 2
- c. 4
- d. 5
- e. 8
- f. 10
- g. 16
- h. 32
- i. 64
- j. 128

問 4 生物の形態は核にある遺伝情報によって決定されるが、母性因子(母性効果遺伝子産物)と呼ばれる卵子から提供される細胞質の内容物も重要な役割を果たす。母性因子によって起こるものを選べ。

- a. 脱分化
- b. 先体反応
- c. 減数分裂
- d. 極性移動
- e. 体軸の決定
- f. 中胚葉誘導
- g. アポトーシス

2 動物の発生に関する次の文(文1～文3)を読み、問5から問7に答えなさい。

(文1)

成体のイモリの眼の水晶体を摘出すると、こう彩の背側の色素細胞は色素を失った後に活発に細胞分裂を行い、水晶体が再生する。また、イモリのこう彩の色素細胞を取り出し、適切な条件で培養するとやがて水晶体が形成される。

問5 (文1)から考えられることで適切なものはどれか。2つ選べ。

- a. 色素細胞中の色素が水晶体再生に不可欠である。
- b. 色素細胞は水晶体へと分化する未分化な細胞である。
- c. 色素細胞は表皮を誘導して水晶体を分化させる形成体である。
- d. 色素細胞内に水晶体に分化する細胞と同じ遺伝子が存在する。
- e. 分化した色素細胞は脱分化して他の種類の細胞に分化することができる。

(文2)

シュペーマンは胚の発生機構について調べるため、イモリの初期原腸胚の原口背唇部を同じ時期の別の胚の胞胚腔に移植する実験を行った。この実験の結果、移植された胚には神経管が2つ形成された。

問6 この実験結果で、2つ目の神経管が何に由来するものなのか明らかにするために行う実験として、誤っているものを2つ選べ。

- a. 発生した2つの神経管のDNAを抽出し、遺伝子型判定を行う。
- b. 原口背唇部をタンパク質翻訳阻害剤で処理してから移植を行う。
- c. 移植されるイモリ胚に蛍光タンパク質を発現する遺伝子を導入しておく。
- d. 移植前の原口背唇部と移植後の原口背唇部からそれぞれRNAを抽出し、遺伝子発現解析を行う。
- e. 原口背唇部を、細胞移動が起こらない大きさの穴の開いたメッシュシートに包んでから移植を行う。メッシュシートは、細胞は透過できないが、タンパク質などは自由に通過する事ができる。

(文3)

原口背唇部は神経管誘導を行う形成体であり、胚から原口背唇部を取り除くと神経管は分化せず、外胚葉は表皮に分化する。この誘導メカニズムを調べるため、以下のような実験を行った。図1のようにアフリカツメガエルの胞胚期の胚の動物極付近の細胞を取り出して培養を行った。また、原腸胚で多く発現しているタンパク質BとNを添加して同様に培養したところ、以下のような結果が得られた。

- i) 何も添加せず培養した場合、神経に分化した。
- ii) タンパク質Nを添加して培養した場合、神経に分化した。
- iii) タンパク質Bを添加して培養した場合、表皮に分化した。
- iv) タンパク質BとNを添加して培養した場合、神経に分化した。

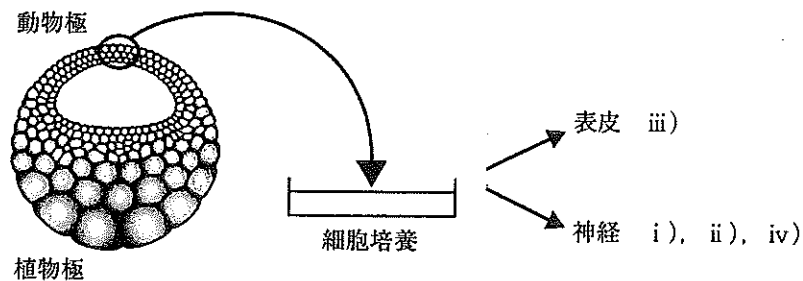


図1

問7 (文2)と(文3)から考えられることとして適切なものを2つ選べ。

- a. タンパク質Bは原口背唇部に作用する。
- b. タンパク質Bは外胚葉で発現している。
- c. タンパク質Nは内胚葉で発現している。
- d. タンパク質Bは外胚葉の分化には不要である。
- e. タンパク質Bはタンパク質Nの作用を阻害する。
- f. タンパク質Nを胚の腹側に注入すると二次胚が形成される。

3 次の文を読み、問 8 から問 11 に答えよ。

ヒト X 染色体上の  $Xg$  遺伝子座に、 $a^+$  と  $a$  の対立遺伝子が存在する。 $a^+$  遺伝子は、赤血球表面抗原  $Xg$  の存在を示し、 $a$  遺伝子は、劣性で赤血球表面に  $Xg$  抗原が存在しない。同じく X 染色体上の  $Sts$  遺伝子座にある  $Sts$  遺伝子は酵素であるステロイドスルファターゼの正常な活性を担い、劣性の  $sts$  遺伝子では、この酵素の活性を欠く。この酵素の欠損は、魚鱗状の皮膚を示し、全身の皮膚が乾燥、脱落をくり返す魚鱗癬(X連鎖性劣性魚鱗癬)発症の原因となる。この疾患の患者で  $Xg$  抗原を欠く父親と、健常で  $Xg$  抗原を有する母親から、健常で  $Xg$  抗原を有する娘がいる。

問 8 この娘が、健常で  $Xg$  抗原を有する男性と結婚した場合、生まれてくる男子が魚鱗癬を発症する確率は次のどれか。ただし、乗換えは起こらないものとする。

- |         |         |         |         |          |
|---------|---------|---------|---------|----------|
| a. 0 %  | b. 5 %  | c. 10 % | d. 20 % | e. 25 %  |
| f. 45 % | g. 50 % | h. 75 % | i. 80 % | j. 100 % |

問 9 連鎖している  $Xg$  遺伝子座と  $Sts$  遺伝子座の組換え頻度が 10 %である時、この娘が健常な男性と結婚した場合、生まれてくる男子が  $Xg$  抗原を欠き魚鱗癬を発症する確率は次のどれか。

- |         |         |         |         |          |
|---------|---------|---------|---------|----------|
| a. 0 %  | b. 5 %  | c. 10 % | d. 20 % | e. 25 %  |
| f. 45 % | g. 50 % | h. 75 % | i. 80 % | j. 100 % |

問10 問 9 と同一の条件で、生まれてくる男子が  $Xg$  抗原を有し魚鱗癬を発症する確率は次のどれか。

- |         |         |         |         |          |
|---------|---------|---------|---------|----------|
| a. 0 %  | b. 5 %  | c. 10 % | d. 20 % | e. 25 %  |
| f. 45 % | g. 50 % | h. 75 % | i. 80 % | j. 100 % |

問11 問 9 と同一の条件で、魚鱗癬を発症する男子のうち  $Xg$  抗原を有する確率は次のどれか。

- |         |         |         |         |          |
|---------|---------|---------|---------|----------|
| a. 0 %  | b. 5 %  | c. 10 % | d. 20 % | e. 25 %  |
| f. 45 % | g. 50 % | h. 75 % | i. 80 % | j. 100 % |

- 4 次の血液型の遺伝に関する文(文1および文2)を読み、問12から問16に答えなさい。

(文1)

ヒトの代表的な血液型にABO式血液型がある。ABO式血液型の遺伝にはA、B、Oの3種類の対立遺伝子に関係し、遺伝子Oは遺伝子Aや遺伝子Bに対して劣性であるが、遺伝子Aと遺伝子Bの間には優劣関係はない。そのため、表現型(血液型)と遺伝子型の関係は、下の表1ようになる。このように3つ以上の対立遺伝子がある場合、これらを複対立遺伝子という。

| 表現型(血液型) | A 型       | B 型       | AB 型 | O 型 |
|----------|-----------|-----------|------|-----|
| 遺伝子型     | AA または AO | BB または BO | AB   | OO  |

表1

ある家族の家系図を右の図2に示す。男性を□、女性を○で、それぞれの夫婦の第一子から左に示している。

女性⑧を中心に考えた場合、祖母②の血液型はA型、伯父③はO型でした。また、母⑥、夫⑨の血液型はA型であり、兄⑦はB型、娘⑩はAB型でした。

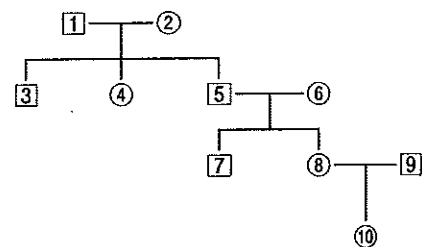


図2

問12 この家族の祖父①、父⑤、本人⑧の遺伝子型は次のどれか。遺伝子型が複数考えられる場合は、すべて選べ。

- a. AA      b. AO      c. BB      d. BO      e. AB      f. OO

問13 ある集団での血液型の頻度は、O型が36%、A型が45%、B型が13%、AB型が6%であった。この集団でのO遺伝子の遺伝子頻度は、次のどれか。

- a. 0.1      b. 0.2      c. 0.3      d. 0.4      e. 0.5  
f. 0.6      g. 0.7      h. 0.8      i. 0.9      j. 1.0

問14 同様に、この集団でのA遺伝子の遺伝子頻度は、次のどれか。

- a. 0.1      b. 0.2      c. 0.3      d. 0.4      e. 0.5  
f. 0.6      g. 0.7      h. 0.8      i. 0.9      j. 1.0

問15 同様に、この集団でのB遺伝子の遺伝子頻度は、次のどれか。

- a. 0.1      b. 0.2      c. 0.3      d. 0.4      e. 0.5  
f. 0.6      g. 0.7      h. 0.8      i. 0.9      j. 1.0

(文2)

また、ヒトの代表的な血液型には ABO 式のほかに Rh 式がある。この血液型では、 $Rh^+$  と  $Rh^-$  という 2 つの表現型にわけられ、ABO 式血液型とは独立に遺伝する。この血液型の遺伝は、優劣の差がある対立遺伝子  $D$  と  $d$  からなり、 $Rh^+$  の遺伝子型は、 $DD$  および  $Dd$ 、 $Rh^-$  の遺伝子型は、 $dd$  となる。ある集団では、 $Rh^+$  型の人々の遺伝子型の比は、 $DD : Dd = 8 : 2$  であった。

一般に、ある集団において一定の条件を満たせば、対立遺伝子の頻度(比率)は、世代を経ても変化しないことが知られている。  
 (1) (2)

問16 この集団で、AB 型で  $Rh^-$  の父親と O 型で  $Rh^+$  の母親から生まれる子供で、A 型で  $Rh^-$  の子が出現する確率は次のどれか。

- |         |         |         |         |         |
|---------|---------|---------|---------|---------|
| a. 0.05 | b. 0.10 | c. 0.15 | d. 0.20 | e. 0.25 |
| f. 0.30 | g. 0.35 | h. 0.40 | i. 0.45 | j. 0.50 |

問17 下線部(1)の条件として、以下のうち適さないものをすべて選べ。

- 個体数が極めて多数である。
- 生存能力が劣った個体が淘汰される。
- 遺伝子型によって生殖能力に差がない。
- 集団内で、突然変異が一定の割合で生じる。
- 一部の個体が自由に交雑(自由交雑)をする。
- 他の集団との間で個体の移入や移出が起こらない。

問18 下線部(2)の現象を何とよぶか。

- |                    |          |          |
|--------------------|----------|----------|
| a. 中立説             | b. 自然選択  | c. 独立の法則 |
| d. 遺伝的浮動           | e. 分離の法則 | f. 優性の法則 |
| g. ハーディー・ワインベルグの法則 |          |          |

5 生態系に関する文章を読み下記の間 19 から問 26 に答えよ。

(文)

地球上では、地域ごとに、その環境に適応した植物や動物、菌類や細菌類などが互いに関係を持ちながら特徴のある集団を形成している。このような集団をバイオーム(生物群系)という。

図 3 は、湖での仮想生態系における各構成要素間の関係を表している。表 2 は、この生態系でのエネルギー収支を表している。ここは平均気温が約 10 ～ 20℃で、クチクラ層が発達しているバイオームが湖の周囲にみられる。

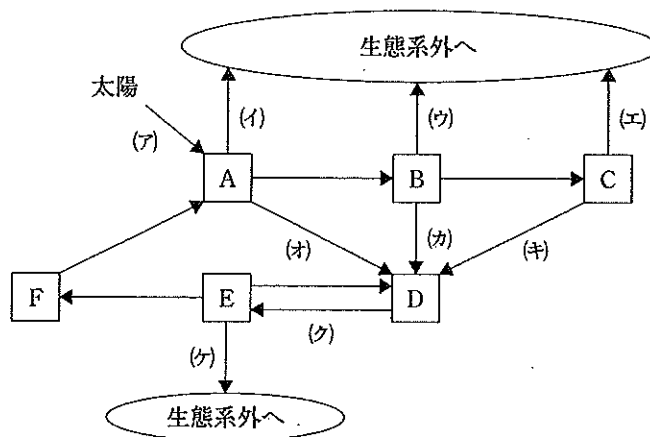


図 3

|         | 総生産量<br>(同化量) | 呼吸量  | 純生産量 | 被食量  | 枯死・<br>死滅量 | 成長量 | エネルギー<br>効率(%) |
|---------|---------------|------|------|------|------------|-----|----------------|
| 太陽エネルギー | 119323.7      | —    | —    | —    | —          | —   | —              |
| A       | 111.8         | 23.5 | (コ)  | 14.9 | 2.8        | (ス) | (タ)            |
| B       | 14.8          | 4.4  | (サ)  | 3.1  | 0.3        | (セ) | (チ)            |
| C       | 3.1           | 1.8  | (シ)  | 0.0  | 0.0        | (ソ) | (ツ)            |

[単位は cal/(cm<sup>2</sup>・年)]

表 2

問19 図 3 の D, E, F にあてはまるものを選べ。

- a. 生産者      b. 消費者      c. 分解者      d. 栄養塩      e. 遺体や排出物

問20 図3の矢印(ア)～(ケ)のうち熱エネルギーを示すものはどれか。すべて選べ。

- a. (ア)      b. (イ)      c. (ウ)      d. (エ)      e. (オ)  
f. (カ)      g. (キ)      h. (ク)      i. (ケ)

問21 表2のAにおける純生産量(コ)を求めよ。

解答：(コ)    .

|        |       |      |      |      |      |
|--------|-------|------|------|------|------|
| 百の位①   | a. なし | b. 1 | c. 2 | d. 3 | e. 4 |
|        | f. 5  | g. 6 | h. 7 | i. 8 | j. 9 |
| 十の位②   | a. なし | b. 1 | c. 2 | d. 3 | e. 4 |
|        | f. 5  | g. 6 | h. 7 | i. 8 | j. 9 |
| 一の位③   | a. 0  | b. 1 | c. 2 | d. 3 | e. 4 |
|        | f. 5  | g. 6 | h. 7 | i. 8 | j. 9 |
| 小数点一位④ | a. 0  | b. 1 | c. 2 | d. 3 | e. 4 |
|        | f. 5  | g. 6 | h. 7 | i. 8 | j. 9 |

問22 表2のBにおける成長量(セ)を求めよ。

解答：(セ)   .

|        |       |      |      |      |      |
|--------|-------|------|------|------|------|
| 十の位①   | a. なし | b. 1 | c. 2 | d. 3 | e. 4 |
|        | f. 5  | g. 6 | h. 7 | i. 8 | j. 9 |
| 一の位②   | a. 0  | b. 1 | c. 2 | d. 3 | e. 4 |
|        | f. 5  | g. 6 | h. 7 | i. 8 | j. 9 |
| 小数点一位③ | a. 0  | b. 1 | c. 2 | d. 3 | e. 4 |
|        | f. 5  | g. 6 | h. 7 | i. 8 | j. 9 |

問23 表2のBにおけるエネルギー効率(チ)を求めよ。小数点第二位を四捨五入しなさい。

解答：(チ)    .  %

|        |       |      |      |      |      |
|--------|-------|------|------|------|------|
| 百の位①   | a. なし | b. 1 | c. 2 | d. 3 | e. 4 |
|        | f. 5  | g. 6 | h. 7 | i. 8 | j. 9 |
| 十の位②   | a. なし | b. 1 | c. 2 | d. 3 | e. 4 |
|        | f. 5  | g. 6 | h. 7 | i. 8 | j. 9 |
| 一の位③   | a. 0  | b. 1 | c. 2 | d. 3 | e. 4 |
|        | f. 5  | g. 6 | h. 7 | i. 8 | j. 9 |
| 小数点一位④ | a. 0  | b. 1 | c. 2 | d. 3 | e. 4 |
|        | f. 5  | g. 6 | h. 7 | i. 8 | j. 9 |

問24 湖の生態系に生息する代表的な生物を示した。図3のAにあてはまるものはどれか。すべて選べ。

- |             |           |            |
|-------------|-----------|------------|
| a. フナ       | b. ヤゴ     | c. ケイソウ    |
| d. ミジンコ     | e. メタン生成菌 | f. ユスリカの幼虫 |
| g. シアノバクテリア |           |            |

問25 文中の下線部が示すものはどれか。すべて選べ。

- |         |         |           |         |
|---------|---------|-----------|---------|
| a. 硬葉樹林 | b. 雨緑樹林 | c. 針葉樹林   | d. 夏緑樹林 |
| e. 熱帯雨林 | f. 照葉樹林 | g. 亜熱帯多雨林 |         |

問26 日本のバイオームの水平分布を南から北にならべた場合、①、③にあてはまるものを選べ。

(南) ① → ② → ③ → ④ (北)

- |         |         |           |         |
|---------|---------|-----------|---------|
| a. 硬葉樹林 | b. 雨緑樹林 | c. 針葉樹林   | d. 夏緑樹林 |
| e. 熱帯雨林 | f. 照葉樹林 | g. 亜熱帯多雨林 |         |

6 腱反射(伸張反射)についての文(文1および文2)を読み、問27から問33に答えよ。

(文1)

筋が伸張されると筋繊維と平行に配置された受容器も同時に引き伸ばされる。引き伸ばされるほど受容器の電位は大きくなり、これが閾値を超えると、感覚ニューロンに活動電位が生じる。興奮は、軸索を伝導して、<sup>(1)</sup> 脊髄に入り、<sup>(2)</sup> 運動ニューロンに伝達する。伸張された筋では、運動ニューロンの末端が<sup>(3)</sup> 筋に接続して興奮を伝達する。筋に興奮が伝達されると収縮が起こるとともに活動電位が発生する。

問27 下線部(1)の活動電位の発生に関わるイオンチャネルの動作として正しいものを選び。

- a. ナトリウムチャネルが開いて、カリウムチャネルが開く。
- b. カリウムチャネルが開いて、ナトリウムチャネルが開く。
- c. ナトリウムチャネルが開いて、カリウムチャネルが閉じる。
- d. カリウムチャネルが開いて、ナトリウムチャネルが閉じる。

問28 下線部(2)の軸索の興奮伝導の速度に関係しないものを選び。

- a. 温度
- b. 跳躍伝導
- c. 刺激の強度
- d. 軸索の直径

問29 下線部(3)におけるシナプスの興奮伝達として正しいものを選び。

- a. 神経伝達物質は全て同じ物質群で構成されている。
- b. シナプスにおける興奮伝達は軸索の伝導速度より速い。
- c. 神経伝達物質は軸索末端のミトコンドリアに蓄積している。
- d. 神経伝達物質の結合により膜内の電位は静止電位より低くなる。
- e. 興奮を受ける細胞膜の電位は神経伝達物質の放出量に影響されない。
- f. カルシウムイオンの流入によって神経伝達物質が軸索末端から放出される。

(文2)

下肢に伸張性反射をおこす反射弓を図4に示す。この性質を調べるために以下の実験を行った。

骨格筋Mを支配する神経Nを刺激位置Sから電気で一回刺激すると、神経の興奮が伝わり骨格筋Mに2つの活動電位が生じ、オシロスコープに記録される。波形Aは運動神経が刺激されて生じる骨格筋の活動電位であり、波形Bは感覚神経が刺激されて生じる骨格筋の活動電位である。

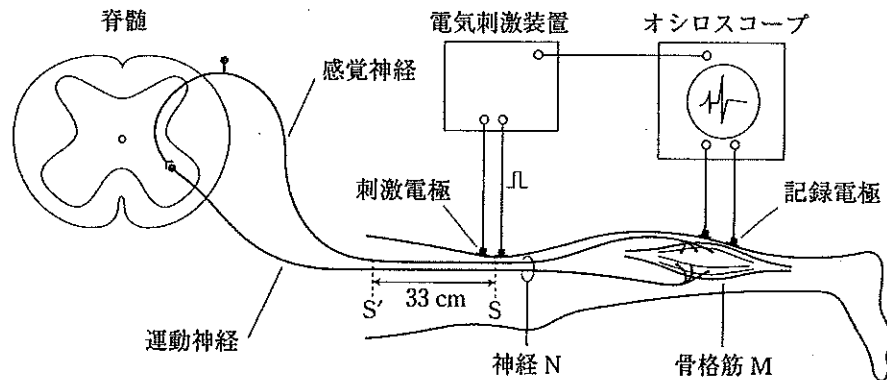


図4

#### 測定1

刺激電圧を徐々に大きくしながら測定を繰り返した結果、以下の事象が観察された(図5)。

- ① 電圧E1で刺激すると、オシロスコープ上には刺激から30ミリ秒後に波形Bが記録された。
- ② 電圧E2で刺激すると、5ミリ秒後に波形Aが、次いで波形Bが記録された。
- ③ 電圧E1からE2の間では刺激電圧の大きさとともに、波形Bの振幅が大きくなった。
- ④ 電圧E2から電圧E3までは刺激の大きさにともなって波形Aの振幅が大きくなったが、E3以上の電圧では波形Aの振幅は変化しなかった。

なお、電圧の大きさは、 $E1 < E2 < E3$ である。

また、ミリ秒とは、1000分の1秒のことである。

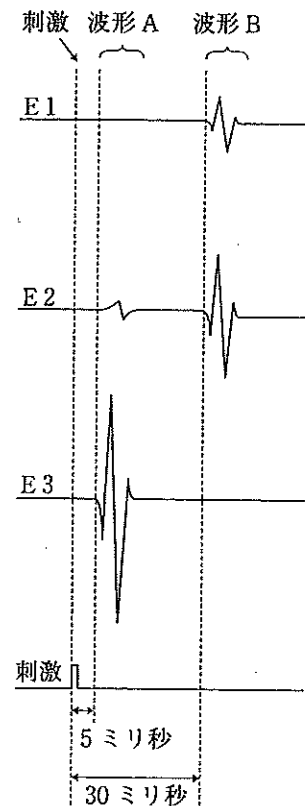


図5

#### 測定2

図4で刺激位置をSから33 cm離れたS'に移し、電圧E2で刺激した。その結果、オシロスコープ上には刺激から9ミリ秒後に波形Aが、27ミリ秒後に波形Bが記録された。なお、刺激位置が変わっても電圧に対する神経の応答やシナプスの伝達に変化はないものとする。

問30 測定1の電圧E1と電圧E2による測定の結果から、刺激に対する細胞の興奮について考えられるものを選び。

- a. 運動ニューロンの閾値は感覚ニューロンの閾値より高い。
- b. 感覚ニューロンの閾値は運動ニューロンの閾値より高い。
- c. 運動ニューロンの興奮は感覚ニューロンの興奮より大きい。
- d. 感覚ニューロンの興奮は運動ニューロンの興奮より大きい。
- e. 運動ニューロンの興奮頻度は感覚ニューロンの興奮頻度より高い。
- f. 感覚ニューロンの興奮頻度は運動ニューロンの興奮頻度より高い。

問31 測定1の電圧E1からE2の間に観測された波形Bの振幅変化から考えられるものを選び。

- a. 神経の興奮の大きさは刺激の強さに依存している。
- b. 神経伝達物質の増加によって筋の収縮が大きくなる。
- c. 刺激が強くなるとニューロンの興奮頻度が増加する。
- d. 受容体の電位変化が感覚ニューロンの興奮閾値を決めている。
- e. 感覚ニューロンへの刺激の増加が脊髄内のシナプス伝達の効率を改善する。

問32 測定1の電圧E3以上で波形Aの振幅が飽和した理由として正しいものを選び。

- a. 感覚神経の興奮が上限に達したため。
- b. 運動神経の興奮が上限に達したため。
- c. 運動神経の興奮頻度が上限に達したため。
- d. 脊髄での興奮伝達速度が上限に達したため。
- e. 神経筋接合部でのシナプスの伝達が上限に達したため。

問33 測定1と測定2の結果から運動神経と感覚神経それぞれの平均伝導速度(m/秒)として、最も近い値の組み合わせを選び。

|    | 運動神経 | 感覚神経 |
|----|------|------|
| a. | 8    | 10   |
| b. | 16   | 20   |
| c. | 70   | 90   |
| d. | 80   | 110  |
| e. | 90   | 120  |

7 大腸菌での遺伝情報発現に関する以下の文(文1および文2)を読み、問34から問38に答えよ。

(文1)

大腸菌は、炭素源としてグルコース(ブドウ糖)を優先的に利用するが、培地にグルコースが含まれない場合は、ガラクトース、アラビノース、ラクトースなどを分解しグルコースを作り、炭素源として利用することができる。図6は、大腸菌野生型をグルコースとラクトース両方を含む培地で培養した場合の増殖過程を示し、縦軸は大腸菌数(対数)、横軸は培養時間をあらわす。なお、野生型とは、野生集団の中で最も普遍的に見られる集団をいう。

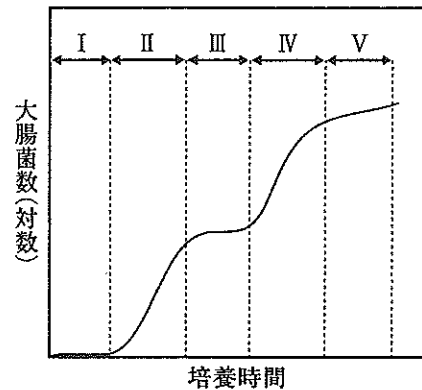


図6 グルコースとラクトースを含む培地での大腸菌の増殖曲線

大腸菌野生型のラクトース分解に関わる3つの酵素遺伝子(S1:  $\beta$ -ガラクトシダーゼ, S2:  $\beta$ -ガラクトシドパーミターゼ, S3:  $\beta$ -ガラクトシドトランスアセチラーゼ)は隣接したDNA上にあり、グルコースが培地に存在する場合は、転写が抑制されている。培地にグルコースが存在せず、ラクトースのみが存在するとき、3つの酵素遺伝子は、<sup>(1)</sup>1本のmRNAとして転写され、発現誘導される。なお、 $\beta$ -ガラクトシダーゼは、ラクトースをグルコースとガラクトースに分解し、 $\beta$ -ガラクトシドパーミターゼは、ラクトース(ガラクトシド)を細胞内に取り込む働きを持ち、 $\beta$ -ガラクトシドトランスアセチラーゼは、大腸菌に取り込まれたガラクトシドにアセチル基を転移させる機能を持つ。

このような酵素遺伝子群の転写は、2つの調節遺伝子Aおよび調節遺伝子Bからのタンパク質(調節タンパク質Aおよび調節タンパク質B)により制御されている。これらの調節タンパク質はいずれも特定分子が結合することで立体構造が変化し、調節領域のDNA配列への結合性が変化する。

大腸菌では、培地にグルコースが十分存在する場合、細胞中にcAMPは蓄積しないが、グルコースがない場合にはcAMPが蓄積し、それが調節タンパク質Aに結合する。cAMPの結合した調節タンパク質Aは調節領域のDNA配列の特定部位( X )に結合し、( ア )を引き寄せて、( イ )への結合を促進する。調節タンパク質Bは、培地にラクトースが存在しない場合に( ウ )に結合して( ア )の( イ )への結合を抑制するが、培地にラクトースが存在する場合には、ラクトースの代謝産物と結合して構造が変化して、( ウ )に結合できなくなるため、( ア )は( イ )へ結合できるようになる。これらの仕組みにより、培地内のグルコースが枯渇後、ラクトースを分解するための3つの酵素遺伝子の転写が活性化する。(図7)

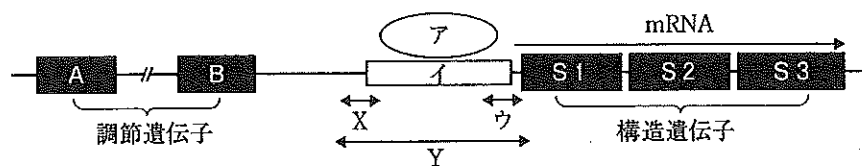


図7 ラクトース分解に関与する構造遺伝子群と調節遺伝子

大腸菌野生型に DNA 変異物質を作用させ突然変異を誘発させた。その結果、培地にグルコースが存在する場合には正常に増殖するが、ラクトースのみでは正常に増殖できない変異体 1 と変異体 2 を得た。野生型、変異体 1、変異体 2 をグルコースのみを含む培地で増殖させた後、つぎの(1)から(3)の培地でさらに培養した。

- (1) グルコースのみを含む培地
- (2) グルコースとラクトース両方を含む培地
- (3) ラクトースのみを含む培地

新たな培地で培養後、野生型および変異体からタンパク質を抽出し、調節タンパク質 A の配列 ( X ) への DNA 結合性、調節タンパク質 B の結合配列 ( ウ ) への結合性を、配列 ( X ) と配列 ( ウ ) を含む DNA 配列 ( Y ) を用いて調べ、結果を表 3 に示した。ただし、これらの変異体で生じた変異は一カ所のみで、結合性を調べる時に用いた DNA 配列 ( Y ) は野生型のものとし、また、抽出・精製過程で調節タンパク質の DNA 結合性に変化は起きないものとする。

| 培地中の炭素源         | 調節タンパク質 | 大腸菌株 |       |       |
|-----------------|---------|------|-------|-------|
|                 |         | 野生型  | 変異体 1 | 変異体 2 |
| (1) グルコース       | A       | —    | —     | —     |
|                 | B       | +    | +     | +     |
| (2) グルコースとラクトース | A       | —    | —     | —     |
|                 | B       | —    | —     | +     |
| (3) ラクトース       | A       | +    | +     | +     |
|                 | B       | —    | —     | +     |

+: 結合する    -: 結合しない

表 3 大腸菌株(野生型と変異体)の調節タンパク質の結合性

問34 下線部(1)のように、機能的に関連のある遺伝子が隣接し、1本の mRNA として転写されるような遺伝子群を何とよぶか。

- |            |           |            |
|------------|-----------|------------|
| a. コドン     | b. エキソン   | c. ヒストン    |
| d. オペロン    | e. クロマチン  | f. イントロン   |
| g. エンハンサー  | h. トリプレット | i. ホメオボックス |
| j. スプライシング |           |            |

問35 文中および図7中の(ア), (イ), (ウ)にあてはまる語句の組合せとして適切なものはどれか。

| (ア)          | (イ)    | (ウ)    |
|--------------|--------|--------|
| a. DNAポリメラーゼ | オペレーター | プロモーター |
| b. DNAポリメラーゼ | プロモーター | オペレーター |
| c. リプレッサー    | オペレーター | プロモーター |
| d. リプレッサー    | プロモーター | オペレーター |
| e. RNAポリメラーゼ | オペレーター | プロモーター |
| f. RNAポリメラーゼ | プロモーター | オペレーター |

問36 図6のⅢの間に大腸菌内で起こっていることとして正しいものはどれか。

- a. 培地のグルコースのみを分解している。
- b. 培地のラクトースのみを代謝している。
- c. 培地のグルコースとラクトースの両方を分解している。
- d. 培地のグルコースが枯渇し、ラクトースを分解する酵素群を誘導している。
- e. 培地のラクトースが枯渇し、グルコースを分解する酵素群を誘導している。

問37 変異体1と変異体2において、培地中の糖がラクトースのみでは増殖できなくなった原因として考えられないものを2つ選べ。

- a. 変異体2の調節タンパク質Aに、cAMPを結合できないアミノ酸変異が生じた。
- b. 変異体1の $\beta$ -ガラクトシダーゼに、ラクトース分解活性を失うアミノ酸変異が生じた。
- c. 変異体1の配列(X)内に、調節タンパク質Aが結合できない塩基置換変異が生じた。
- d. 変異体1の配列(ウ)内に、調節タンパク質Bが結合できない塩基置換変異が生じた。
- e. 変異体2の調節タンパク質Bに、ラクトースの代謝産物を結合できないアミノ酸変異が生じた。
- f. 変異体1の調節タンパク質Aに、(ア)の(イ)への結合を促進する機能を失うアミノ酸変異が生じた。
- g. 変異体2の調節タンパク質Bに、ラクトースの有無に関わらず、常に配列(ウ)に結合するようなアミノ酸変異が生じた。

問38 プラスミド pUC19 は、抗生物質アンピシリン分解酵素( $\beta$ -ラクタマーゼ)遺伝子とラクトース分解酵素( $\beta$ -ガラクトシダーゼ)遺伝子を持つ。プラスミド pUC19 は、 $\beta$ -ガラクトシダーゼ遺伝子内部に外来 DNA が挿入でき、遺伝子組み換え実験に広く使用されている。pUC19 に外来性 DNA が挿入されると  $\beta$ -ガラクトシダーゼは不活化される。pUC19 に外来性 DNA を挿入後、大腸菌に形質転換して寒天培地に塗布し、一晚 37℃ で培養する。この際、あらかじめ寒天培地に、アンピシリン、X-gal( $\beta$ -ガラクトシダーゼの基質となり、分解されると青色の物質が生じる)、IPTG(ラクトース類似物質)を加えておくと、外来性 DNA が挿入された pUC19 を持つ大腸菌が容易に選別できる。この実験についての次の記載のうち正しいものを 2 つ選べ。

- a. IPTG が、 $\beta$ -ガラクトシダーゼに結合して、酵素を活性化する。
- b. IPTG が、リプレッサーに結合して、 $\beta$ -ラクタマーゼの発現を誘導する。
- c. IPTG が、リプレッサーから解離して、 $\beta$ -ラクタマーゼの発現を誘導する。
- d. IPTG が、リプレッサーに結合して、 $\beta$ -ガラクトシダーゼ発現を誘導する。
- e. IPTG が、リプレッサーから解離して、 $\beta$ -ガラクトシダーゼ発現を誘導する。
- f. 寒天培地に IPTG が添加されていれば、アンピシリンを添加する必要はない。
- g. 寒天培地に X-gal が添加されていれば、アンピシリンを添加する必要はない。
- h. 外来性 DNA を含んだ pUC19 を持つ大腸菌は、 $\beta$ -ガラクトシダーゼが活性化されるため青色のコロニーを形成する。
- i. 外来性 DNA を含んだ pUC19 を持つ大腸菌は、 $\beta$ -ガラクトシダーゼが不活性化されるため白色のコロニーを形成する。
- j. 寒天培地に過剰量のグルコースが添加されていた場合、コロニーの発色の差(青か白の違い)は大きくなる可能性がある。