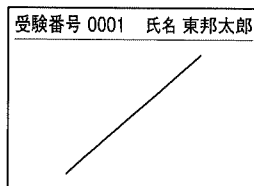


医学部医学科理科入試問題

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。また、選択しない科目の解答用マークシートにも受験番号と氏名を書いてください。



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)

◎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. 解答用マークシートの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30ページまでです。
- ・化学の問題は、31ページから48ページまでです。

生 物

1 次の文1から文3を読み、続く問に答えよ。

(文1)

ヒトのABO式血液型は、赤血球表面に糖鎖抗原であるA抗原(凝集原A)のみが存在するとA型、B抗原(凝集原B)のみが存在するとB型、A抗原、B抗原の両方が存在するとAB型となり、両方の抗原が存在しないとO型となる。これら糖鎖抗原は、A遺伝子がA抗原特異的な糖鎖修飾を、B遺伝子がB抗原特異的な糖鎖修飾を担うが、O遺伝子は、遺伝子変異により糖鎖修飾能力を欠損している。3遺伝子間には、A遺伝子とB遺伝子は、O遺伝子に対し優性(顕性)であるが、A遺伝子とB遺伝子の間に優劣は無く、A=B>Oの優劣関係である。

一方、血しょう中には、赤血球表面の糖鎖抗原に対する抗体(凝集素)が存在する。A型赤血球に抗A抗体を反応させると、図1右のように赤血球同士が凝集し、この状態を「凝集あり(+)」と呼ぶ。同様に抗B抗体は、B型赤血球を凝集させる。A型赤血球に抗B抗体を反応させると、図1左のように赤血球は、凝集せず赤血球は分散している。この状態を「凝集なし(-)」と呼ぶ。

各血液型で血しょうに存在する抗体は、①抗A抗体または抗B抗体のどちらか1つを持つ。②抗A抗体と抗B抗体の両方を持つ。③抗A抗体、抗B抗体のどちらも持たない。のいずれかである。そのため、異なる血液型間で輸血を行うと、特定の血液型の組合せでは血球が凝集する極めて危険な状態となる。

太郎君(5歳)と太郎君の母親の血液を生理食塩水で約20倍に希釈した。この希釈血液をスライドガラス上に広げ、抗A抗体または抗B抗体を加え37℃で反応後、顕微鏡で観察した。血液と抗体の組合せにより表1の結果になった。

通常、ABO式血液型判定は、被験者の赤血球と抗体(凝集素)を用いる「おもて試験」と、被験者の血しょうにA型赤血球およびB型赤血球を反応させる「うら試験」を同時に行い、両方の試験結果が一致すると血液型が確定する。

なお、太郎君と両親には、ABO式血液型判定に影響する低ガンマグロブリン血症などの症状はなく、ABO式血液型の遺伝は、メンデルの遺伝法則に従うものとする。

●赤血球

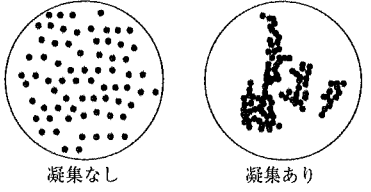


図1

	太郎君の血液	母親の血液
抗A抗体	-	+
抗B抗体	+	+

+ : 凝集あり - : 凝集なし

表1

問1 表1の結果から、太郎君のABO式血液型をアに、母親のABO式血液型をイに選べ。
a. A型 b. B型 c. AB型
d. O型 e. この結果からは判定出来ない

問2 太郎君と両親の血しょうと赤血球を反応させたところ、表2の結果となった。この結果から、父親のABO式血液型の遺伝子型を選べ。
a. AA b. AO c. BB d. BO
e. AB f. OO g. この結果からは判定出来ない

	凝集
太郎君の血しょうに父親の赤血球を反応させた。	-
母親の血しょうに父親の赤血球を反応させた。	-
父親の血しょうに太郎君の赤血球を反応させた。	+
父親の血しょうに母親の赤血球を反応させた。	+

+ : 凝集あり - : 凝集なし

表2

問3 太郎君のABO式血液型の遺伝子型を選べ。
a. AA b. AO c. BB d. BO
e. AB f. OO g. この結果からは判定出来ない

問4 太郎君には妹の花子さん(2歳)がいる。花子さんのABO式血液型は未判定である。花子さんが、どの血液型となるかの確率(%)を、A型をアに、B型をイに、AB型をウに、O型をエに選べ。
a. 0% b. 10% c. 20% d. 25% e. 40%
f. 50% g. 60% h. 75% i. 80% j. 100%

問5 下線部(1)のように、輸血では赤血球が凝集する危険がある。ABO式血液型の各血液型の赤血球と血しょうを調製し混ぜ合わせ、赤血球凝集の有無を観察した。血液型は、A型、B型、AB型、O型の4種類あるため、赤血球と血しょうの組合せは、16(4×4)通りとなる。16通りの赤血球と血しょうの組合せのうち、赤血球が凝集する組合せは何通りとなるか。
a. 3通り b. 4通り c. 5通り d. 6通り e. 7通り
f. 8通り g. 9通り h. 10通り i. 11通り j. 12通り

(文2)

ABO式血液型を、T大学医学部1年生全員120人で調べた。(文1)と同じく、全員から赤血球を単離し生理食塩水で希釈後、A型またはB型の血しょうと反応させた。赤血球凝集反応は、数回繰り返した。判定が曖昧となるものは無く、常に同じ結果が得られ、全員のABO式血液型が確定出来た。

その結果、学生全員120人のうちA型の血しょうで凝集を示した学生が38人、B型の血しょうで凝集を示した学生が58人だった。また、O型の学生はAB型の3倍の人数だった。

問6 T大学医学部1年生120名のうち、ABO式血液型でA型は何名か。解答例に従い正しい数字を と に選べ。

120名のうち、A型は、 名である。

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

解答例

A型が、44名ならば、 にe(4)、 にe(4)を選べ。

A型が、5名ならば、 にa(0)、 にf(5)を選べ。

問7 T大学医学部1年生120名のうち、ABO式血液型でB型は何名か。問6の解答例に従い正しい数字を と に選べ。

120名のうち、B型は、 名である。

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

問8 T大学医学部1年生120名のうち、ABO式血液型でAB型は何名か。問6の解答例に従い正しい数字を と に選べ。

120名のうち、AB型は、 名である。

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

問9 T大学医学部1年生120名のうち、ABO式血液型でO型は何名か。問6の解答例に従い正しい数字を と に選べ。

120名のうち、O型は、 名である。

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

(文3)

ハーディー・ワインベルクの法則が成立する総人口10万人の集団がある。この集団のABO式血液型の人口構成を調べたところ、A型が45,000人、B型が13,000人、AB型が6,000人、O型が36,000人であった。

(文1)のように、ABO式血液型では、A遺伝子、B遺伝子、O遺伝子の3種の対立遺伝子が存在する。特定の集団の中で、対立遺伝子の存在頻度を「遺伝子頻度」と呼ぶ。ABO式血液型では、A遺伝子、B遺伝子、O遺伝子の3種の遺伝子の遺伝子頻度を合計すると1となる。

なお、ABO式血液型では血液型によって成長や生殖、寿命には違いはない。問10から問12の解答は、小数第3位を四捨五入し小数第2位までを求めなさい。

問10 この集団でのA遺伝子の遺伝子頻度を解答例に従い、 と に適切な数字を選べ。

A 遺伝子の遺伝子頻度 = 0.

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

解答例

A 遺伝子の遺伝子頻度が、0.55 の時、0. = f (5), = f (5) を選べ。
A 遺伝子の遺伝子頻度が、0.20 の時、0. = c (2), = a (0) を選べ。
A 遺伝子の遺伝子頻度が、0.05 の時、0. = a (0), = f (5) を選べ。

問11 この集団でのB遺伝子の遺伝子頻度を問10の解答例に従い、 と に適切な数字を選びなさい。

B 遺伝子の遺伝子頻度 = 0.

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

問12 この集団でのO遺伝子の遺伝子頻度を問10の解答例に従い、 と に適切な数字を選びなさい。

O 遺伝子の遺伝子頻度 = 0.

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

2 次の文1、文2を読み、続く問に答えよ。

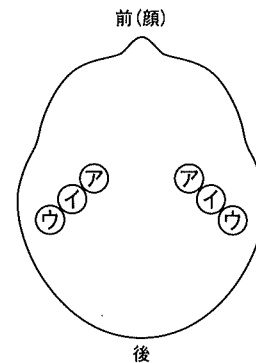
(文1)

ヒトの内耳は、⁽¹⁾うずまき管(蝸牛)・半規管・前庭から構成され、その内部にはいずれも有毛細胞が存在する。各部位の有毛細胞がそれぞれ、音波による刺激、からだ(頭部)の回転加速度、そしてからだ(頭部)の傾き・直線加速度を受容することで、私たちの耳では聴覚と平衡(感)覚という2つの感覚受容が行われている。

ところで、私たちが1つ1つの音の違い(音の高低)を区別することができるのはなぜだろうか。音の高低の違いは、音波、いわゆる大気中を伝わる振動(周波数)の違いがその実態である。まず外耳の耳殻で集められた音波が外耳道を通り鼓膜に達し、これを振動させる。そして鼓膜で生じた振動は中耳で増幅され、内耳のうずまき管内のリンパ液を振動させる。この振動は異なる周波数の複合体として構成されており、周波数ごとにうずまき管内の特定の場所の基底膜を振動させ、基底膜上にあるコルチ器を構成する有毛細胞の感覚毛を力学的に変形させる。そして力学的に変形した感覚毛の一部が開くことで、有毛細胞内にリンパ液中のカリウムイオンが流入し、これがきっかけとなり他のイオンも流入し、有毛細胞で電気信号が発生する。周波数ごとに別々の場所にある有毛細胞が電気信号を発生し、それを別々の聴神経(蝸牛神経)が受け取って大脳皮質に伝達する。そのため私たちは音の高低の違いを区別することができるのである。

⁽⁵⁾私たちは、音を左右の耳で捉える。そのため、左右のうずまき管内の有毛細胞で別々に電気信号に変換された音の情報が、活動電位というかたちで左右別々に聴神経を介して最終的に大脳皮質の聴覚野まで運ばれる。

問1 下線部(1)について、図1のように頭部を真上から見ると、うずまき管、半規管、前庭は、ア〜ウのどれに対応するか。右下の表から正しい組合せを選べ。



	ア	イ	ウ
a	うずまき管	半規管	前庭
b	うずまき管	前庭	半規管
c	前庭	半規管	うずまき管
d	前庭	うずまき管	半規管
e	半規管	前庭	うずまき管
f	半規管	うずまき管	前庭

図1

問 2 下線部(2)について、からだ(頭部)が時計回りに回転をすると、3つある半規管のうち1つの半規管(水平方向)だけが機能し、その膨大部内の有毛細胞の感覚毛が動く。図2はその様子をあらわしたものである。図2左側には、3つの半規管のうち水平方向の回転加速度で機能する半規管とその膨大部を、そして図2右側には、膨大部内部の拡大図を示した。拡大図では、時計回りのからだ(頭部)の回転方向を左向き矢印で示してある。この時、等速回転中および回転停止時の有毛細胞の感覚毛の動きとして正しい組合せを右下の表から1つ選べ。

図2右上の矢印(線)ア～ウは、それぞれ ア:時計回り、イ:回転しない、ウ:反時計回り を示す。

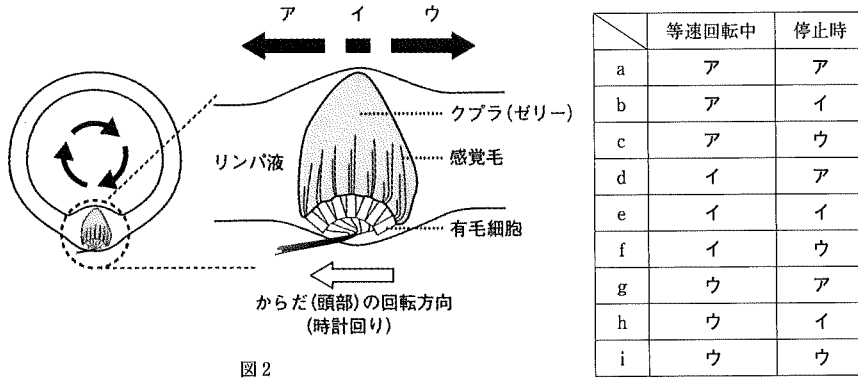


図2

問 3 下線部(3)について、鼓膜から内耳の経路順序として、正しいのを選べ。

- a. きぬた骨 → つち骨 → あぶみ骨 → 正円窓 → 前庭階 → 基底膜 → 鼓室階 → 卵円窓
- b. きぬた骨 → つち骨 → あぶみ骨 → 卵円窓 → 鼓室階 → 基底膜 → 前庭階 → 正円窓
- c. きぬた骨 → つち骨 → あぶみ骨 → 正円窓 → 鼓室階 → 基底膜 → 前庭階 → 卵円窓
- d. つち骨 → きぬた骨 → あぶみ骨 → 卵円窓 → 鼓室階 → 基底膜 → 前庭階 → 正円窓
- e. つち骨 → きぬた骨 → あぶみ骨 → 正円窓 → 前庭階 → 基底膜 → 鼓室階 → 卵円窓
- f. つち骨 → きぬた骨 → あぶみ骨 → 卵円窓 → 前庭階 → 基底膜 → 鼓室階 → 正円窓

問 4 下線部(4)について、うずまき管内にある基底膜は入口付近と奥とは、その幅が異なる。また、その基底膜上に配置された有毛細胞の感覚毛も入口付近と奥とは、その長さや硬さが異なる。このような構造の違いは、音波の特定周波数を捉えるのに役立つ。このとき、入口付近と奥の基底膜の幅、また入口付近の有毛細胞の感覚毛の長さや硬さについて、下の表から正しい組合せを選べ。

	基底膜幅		入口付近感覚毛	
	入口付近	奥	長さ	硬さ
a	広い	狭い	短い	軟らかい
b	広い	狭い	短い	硬い
c	広い	狭い	長い	軟らかい
d	広い	狭い	長い	硬い
e	狭い	広い	短い	軟らかい
f	狭い	広い	短い	硬い
g	狭い	広い	長い	軟らかい
h	狭い	広い	長い	硬い

問 5 下線部(5)について、私たちヒトは、左右の耳に入ってくる音の時間差を捉えることでおおよその音源の位置を推定することができる。もし音源が図3のように正面から左へ60度の位置にあった場合、両耳間に到達する時間(ミリ秒)として最も適当な数値を a～e から選べ。

なお、左右の耳は全方向からの音を受容できるものとし、左右の耳の間を 20 cm、音速を 340 m/秒とする。平方根は、 $\sqrt{2} = 1.4$ 、 $\sqrt{3} = 1.7$ 、 $\sqrt{5} = 2.2$ を用いて計算し、小数第3位を四捨五入して小数第2位まで求めなさい。

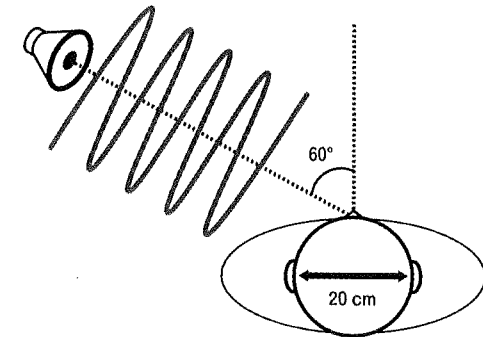


図3

- a. 0.29
- b. 0.41
- c. 0.50
- d. 0.59
- e. 0.65

(文2)

聴覚系は、外耳から中耳までの伝音系と、内耳から中枢までの感音系とに区分される。それに伴い、各系で生じる聴覚障害は、それぞれ伝音難聴(中耳までの障害)と感音難聴(内耳以降の障害)に分けられる。うずまき管内の基底膜上にあるコルチ器を構成する有毛細胞には内毛細胞と外毛細胞が基底膜上にあり、両方の有毛細胞の働きにより周波数ごとに音の閾値が変化する。基底膜上の、ある特定の場所のコルチ器においては、その場所特有の周波数だけ閾値が下がることで、場所特有の周波数(音の高低)をとらえることができる。

臨床的に使用されている薬物の中には、副作用(副反応)として聴覚に障害を与えるものがある。例えば、カナマイシンやストレプトマイシンなどといった抗生物質が、選択的に有毛細胞に重大な傷害を引き起こすことが知られている。そこで、正常(無傷)のコルチ器(図4)と抗生物質処理により有毛細胞に傷害を与えたコルチ器(図5)との周波数受容を比較した。

正常なコルチ器の周波数受容

図4のグラフは、正常なコルチ器で音の周波数(kHz)を変化させた際に、電気応答が生じる最小の音の強さ(閾値(dB))を測定したものである。

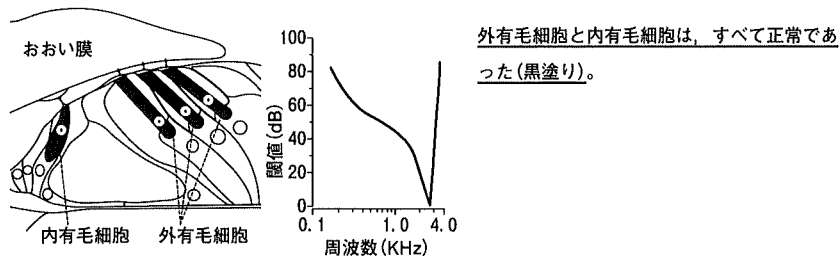
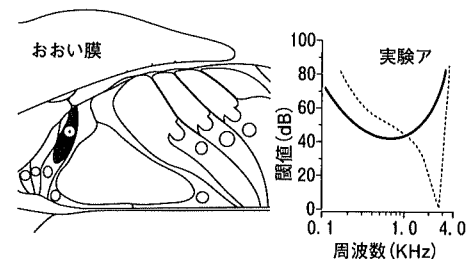


図4

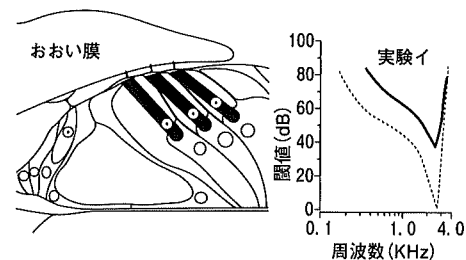
抗生物質処理により傷害を与えたコルチ器の周波数受容

Lieberman と Dodds は、健康なネコ数匹にカナマイシン処理を施し、2種類の有毛細胞にいくつかの(6)パターンの外傷を誘発させた。そして外傷を与えられた耳の聴神経繊維から電気記録をすることで内・外毛細胞が感音難聴にどのように関与しているのかを調べた。

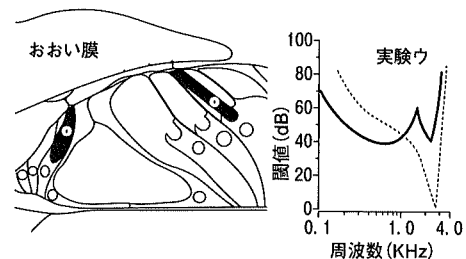
図5実験ア〜ウは、Lieberman と Dodds が行った実験とその結果である。図5のグラフ中の実線は、カナマイシン処理ネコでの測定値を示し、点線は対照群として行った正常(抗生物質未処理 図4)の測定結果である。



実験ア
外毛細胞の感覚毛だけに外傷がみられたが(黒塗り無し)、内毛細胞は正常であった(黒塗り)。



実験イ
外毛細胞の感覚毛は正常であったが(黒塗り)、内毛細胞の一部に外傷がみられた(黒塗り無し)。



実験ウ
外毛細胞の感覚毛を一部残し(黒塗り)、さらに残りの感覚毛に外傷があったが(黒塗り無し)、内毛細胞は正常であった(黒塗り)。

図5

問6 下線部(6)について、図4および図5のLieberman と Dodds らの実験ア〜実験ウの結果から考察出来ることとして最も正しいのを選び。

- a. 内毛細胞が正常であれば、外毛細胞が傷害されてもすべての周波数において閾値は変化しない。
- b. 内毛細胞が傷害されると、特定の周波数だけ閾値が低くなることなくなくなる。
- c. 外毛細胞は閾値の低下に関与しない。
- d. 内毛細胞は特定の周波数だけ閾値が低下することには関与しない。
- e. 特定の周波数だけ閾値を低下させるには内外有毛細胞の両方が正常でなければならない。

3 次の文1、文2、文3を読み、続く問に答えなさい。

(文1)

遺伝子組換え技術により、それぞれ異なる DNA 断片が挿入されたベクターを持った大腸菌の集団を作ることができる。例えば、ある生物のゲノム DNA を断片化し、それを⁽¹⁾プラスミドに組み込んで大腸菌に導入すると、ゲノム DNA 由来のすべての DNA 断片を含む大腸菌の集団をつくることもできる。このような集団をライブラリーと呼ぶ。ライブラリーには、ゲノム DNA から作成したゲノム DNA ライブラリーとさまざまな組織や発生段階の異なる細胞に含まれる mRNA を逆転写して作成した⁽²⁾cDNA ライブラリーがある。

問1 下線部(1)の遺伝子クローニングのためにベクターとして用いるプラスミドには、複製起点となる領域(*ori*)と特定の抗生物質耐性遺伝子が組み込まれている。これらについて、次の1から6のうち、正しい説明の組合せを選べ。

- 1 複製起点は大腸菌内で機能し、プラスミドの複製に必要である。
- 2 複製起点は大腸菌内で機能し、組み込まれた DNA 断片の転写に必要である。
- 3 複製起点はプラスミドが大腸菌の環状染色体に組み込まれて複製するために必要である。
- 4 抗生物質耐性遺伝子は、プラスミドを含む大腸菌を選別する時に機能する。
- 5 抗生物質耐性遺伝子は、大腸菌が産生する抗生物質を分解する働きがある。
- 6 抗生物質耐性遺伝子は、寒天培地に含まれる抗生物質によるプラスミド DNA 分解を阻害する働きがある。

- | | | |
|--------|--------|--------|
| a. 1と4 | b. 1と5 | c. 1と6 |
| d. 2と4 | e. 2と5 | f. 2と6 |
| g. 3と4 | h. 3と5 | i. 3と6 |

問2 下線部(2)のcDNA ライブラリーの特徴として正しいのはどれか。

- a. 転写されない DNA 領域を含む。
- b. 2倍体生物由来であれば、2セットのゲノム DNA 情報が含まれている。
- c. 同一の個体由来であれば、ライブラリーが異なっても、含まれる DNA 配列情報は同じになる。
- d. 由来する組織の違いによって、同一の遺伝子からであっても mRNA の配列情報が異なることがある。
- e. プロモーターやエンハンサーなどの発現制御にかかわる配列情報が含まれている。
- f. その生物個体が発現しているすべてのタンパク質の遺伝子の配列情報が含まれている。

(文2)

ライブラリーから目的の遺伝子を探査する場合、目的遺伝子の DNA 断片を組み込んだプラスミドが導入された大腸菌を見つける操作が必要で、これをスクリーニングという。寒天培地の上にライブラリーをひろげて増殖させると、それぞれの大腸菌がコロニーという小さな円形の塊を形成する。無数のコロニーの中に、目的遺伝子の DNA 配列が組み込まれたプラスミドを持つ大腸菌が存在する。目的遺伝子の DNA 配列情報の一部が判明している場合では、その DNA 配列を放射性同位体や蛍光色素などで標識して目的遺伝子探査のためのプローブ(探索子)として用いる。

標識された DNA 配列(プローブ)とライブラリーのプラスミドを1本鎖に変性させた後、両者を混合すると、プローブと相補的な配列を有するプラスミドがプローブと2本鎖を形成する。この操作を、ハイブリダイゼーションと呼ぶ。プラスミドと会合したプローブから発せられる放射線や蛍光を検出することで、目的遺伝子 DNA 配列が挿入されたプラスミドを選別でき、このプラスミドを含むコロニーを単離することができる。

この操作により得られた大腸菌のコロニーから、大腸菌を再び液体培地で培養しプラスミドを抽出・精製する。調製したプラスミドを⁽³⁾制限酵素で切断して生じた DNA 断片の長さ⁽⁴⁾をアガロースゲル電気泳動法で測定することで、プラスミドに組み込まれた DNA 断片の情報が得られる。

問3 下線部(3)のように、遺伝子組換えで用いられる制限酵素には、特異的な4塩基から8塩基までの DNA 配列を認識して DNA を切断する多くの種類がある。任意の塩基配列からなる DNA 配列を制限酵素で切断した時、制限酵素の認識塩基配列の長さ⁽³⁾と制限酵素切断により生じる DNA 断片の平均長(すべての DNA 断片の長さの平均)について、a~eのうち正しいのを2つ選べ。

- a. 4塩基認識の制限酵素で DNA を切断すると、生じる DNA 断片の平均長は、1,024塩基対である。
- b. 6塩基認識の制限酵素で DNA を切断すると、生じる DNA 断片の平均長は、4,096塩基対である。
- c. 8塩基認識の制限酵素で DNA を切断すると、生じる DNA 断片の平均長は、16,384塩基対である。
- d. 異なる2種類の6塩基認識の制限酵素で DNA を切断すると、生じる DNA 断片の平均長は、1種類の制限酵素を用いて切断した時のほぼ2倍となる。
- e. 5塩基認識の制限酵素で DNA を切断して生じる DNA 断片の平均長は、6塩基認識の制限酵素で DNA を切断して生じる DNA 断片の平均長のほぼ1/4となる。

問 4 下線部(4)のアガロースゲル電気泳動法により、DNA 断片の長さを知ることができる。全長が 16,000 塩基対(16 kbp(kilo base pair))であるプラスミドを、制限酵素 A、制限酵素 B、制限酵素 C、制限酵素 D の 4 種の制限酵素を単独または 2 種の酵素で切断し、完全に切断されたプラスミドをアガロースゲル電気泳動法で DNA 断片の長さを調べた。その結果、各酵素の切断により検出された DNA 断片の長さ(kbp)は、表 1 のようになった。アガロースゲル電気泳動法で検出された DNA 断片を + で示し、表 1 の左に DNA 断片の長さ(kbp)を示した。また、制限酵素 A を単独使用の場合を A、制限酵素 A と制限酵素 B の 2 種を使用した場合を A + B と示した。

このプラスミドを、制限酵素 C と制限酵素 D の 2 種で完全に切断して生じる DNA 断片の長さ(kbp)の組合せとして正しいのはどれか、a ~ j から選べ。ただし、同一の長さの DNA 断片は、複数存在しないこととする。そのため、各選択肢の数字を合計すると、いずれも 16(kbp)となる。

DNA 断片の長さ(kbp)	プラスミド切断に用いた制限酵素									
	A	B	C	D	A + B	A + C	A + D	B + C	B + D	
16	+	+								
15										
14										
13										
12					+					
11				+						
10			+					+		
9										
8								+		
7							+			+
6			+			+				
5				+			+	+	+	
4					+					+
3						+	+			
2										
1									+	

表 1 制限酵素切断により検出された DNA 断片とその長さ(kbp)

- a. 9, 6, 1 b. 9, 5, 2 c. 9, 4, 2, 1
 d. 8, 6, 2 e. 8, 5, 2, 1 f. 7, 6, 2, 1
 g. 7, 4, 3, 2 h. 6, 5, 3, 2 i. 6, 5, 4, 1
 j. 6, 4, 3, 2, 1

(文 3)

ある真核生物のタンパク質 X の発現組織や細胞内での挙動を調べるために、タンパク質 X と緑色蛍光タンパク質(GFP)の融合タンパク質を発現するトランスジェニック生物を作製する実験計画を立てた。この実験には、図 1 のようなタンパク質 X 遺伝子の転写調節領域とタンパク質 X の構造遺伝子下流に GFP 構造遺伝子を組み込んだプラスミドを準備しなければならない。構造遺伝子とは、タンパク質のアミノ酸配列を決定する DNA 領域のことである。図 1 太矢印部で示すように、タンパク質 X と GFP を融合させたい。図 2 にタンパク質 X 遺伝子の 3' 末端の配列 A(24 塩基対)と、GFP 遺伝子の 5' 末端の開始コドン直前の 25 塩基対の配列 B を示し、コドン毎にスペースを入れた。

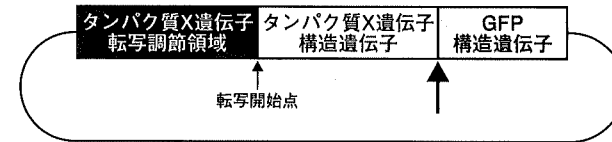


図 1

タンパク質 X 遺伝子 3' 末端配列(配列 A)

5'-ATA GAT CTC TAG AGC TCG GTT AAC-3'
 3'-TAT CTA GAG ATC TCG AGC CAA TTG-5'

GFP 遺伝子 5' 末端配列(配列 B)

5'-C CCG GGA AGC TTA CTA GTG GAT CCC-3'
 3'-G GGC CCT TCG AAT GAT CAC CTA GGG-5'

図 2

問 5 図 1 の融合タンパク質の発現には、図 2 の配列 A と配列 B を連結する必要がある。配列 A と配列 B をどの制限酵素(a ~ h)で切断し連結させればよいか。配列 A を切断する酵素をアに、配列 B を切断する酵素をイに選びなさい。同一の酵素が入ることもある。制限酵素認識配列内の縦線および横線は、その制限酵素の DNA 切断部位を示す。

- a. *Bam* HI b. *Bgl* II c. *Hind* III
 5'-G|GATCC-3' 5'-A|GATCT-3' 5'-A|AGCTT-3'
 3'-CCTAG|G-5' 3'-TCTAG|A-5' 3'-TTCCG|A-5'
- d. *Hpa* I e. *Sac* I f. *Sma* I
 5'-GTT|AAC-3' 5'-GAGCT|C-3' 5'-CCC|GGG-3'
 3'-CAA|TTG-5' 3'-C|TCGAG-5' 3'-GGG|CCC-5'
- g. *Spe* I h. *Xba* I
 5'-A|CTAGT-3' 5'-T|CTAGA-3'
 3'-TGATC|A-5' 3'-AGATC|T-5'

4 次の文1、文2、文3を読み、続く問に答えなさい。

(文1)

筋肉(骨格筋)を収縮させる脳からの指令は、運動ニューロンを通じて筋肉に伝えられる。軸索に活動電位が生じると、静止状態にある周囲の部分との間に電位差が生じ、この電位差によって興奮部の周囲に微弱な電流が流れる。これを局所電流という。興奮部に近い部分では大きな局所電流が、離れた部分では小さな局所電流が流れる。この局所電流によって脱分極が生じるため、興奮部に隣接した部分では、閾値を越えて活動電位が発生するが、離れた部分では活動電位は生じない。このようにして、興奮部に隣接した部分から活動電位が発生すると、その近くで脱分極が閾値に達しなかった部分でも、閾値を超えて活動電位を発生するようになり、次々と隣接部分に興奮が伝導していく。

運動ニューロンの細胞体に生じた興奮は、軸索の末端へ向けて伝わっていき、逆戻りすることはない。⁽¹⁾運動ニューロンの軸索は筋繊維(筋細胞)との間でシナプスを形成している。この部分を終板⁽²⁾という。興奮が、筋繊維に伝達すると収縮が生じる。

問1 下線部(1)の理由として最も正しいのはどれか。

- a. 局所電流の流れる方向に興奮が伝わるから。
- b. 軸索内部には一定の方向にイオンの流れが生じるから。
- c. 興奮直後の部分には塩化物イオン(Cl^-)が流入して持続的な過分極を生じるから。
- d. 興奮直後の部分ではナトリウムイオン(Na^+)の流入が続いているから。
- e. 興奮直後の部分は電位依存性ナトリウムチャネルが反応しないから。
- f. 神経終末に近い方がより軸索内部の抵抗が低くなり電流が流れやすいから。

問2 下線部(2)での神経伝達物質は何か。

- a. ドーパミン
- b. セロトニン
- c. グルタミン酸
- d. アセチルコリン
- e. ノルアドレナリン
- f. γ -アミノ酪酸(GABA)

(文2)

1つの筋肉の収縮には、数十から数百の運動ニューロンが関与する。脊髄から出た運動ニューロンの軸索は、束となって神経束をつくり、筋肉まで延びている。神経束を刺激したときの筋収縮を記録するため、カエルの後肢から座(坐)骨神経とともに筋肉を取り出し、図1のような測定装置に固定した。座骨神経の神経束を異なる強さの電気で刺激すると、筋肉の収縮は図2のようになった。電気の刺激は、図2の(A)、(B)、(C)の順に強くした。(A)では筋の収縮は観察されず、(C)では(B)より大きな収縮を観察した。

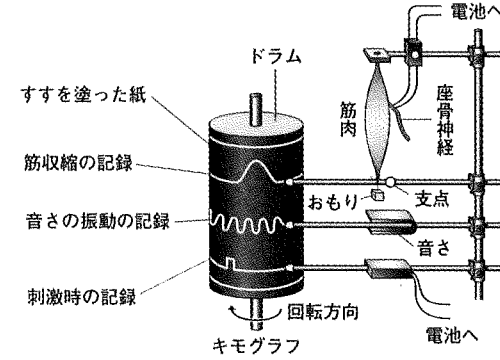


図1

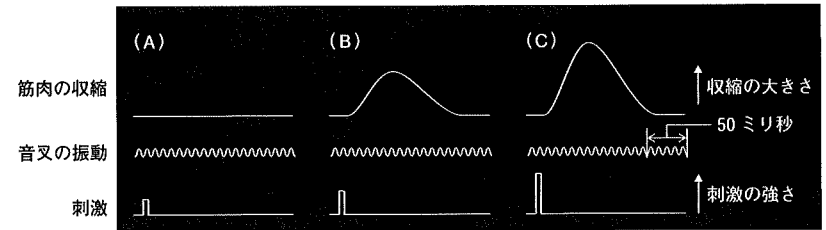


図2

問3 (A)で筋の収縮が観察されなかった理由として正しいのはどれか。

- a. 運動ニューロンの脱分極が興奮閾値に達しなかった。
- b. 運動ニューロンの興奮が小さすぎて軸索伝導中に消失した。
- c. 軸索の興奮が小さくて神経伝達物質の放出が少なかった。
- d. 筋繊維の細胞膜の脱分極が小さくて興奮閾値に達しなかった。
- e. 筋繊維の細胞膜の興奮が小さすぎて途中で消失した。

問 4 (B)より(C)で収縮が大きくなった理由として正しいのはどれか。

- 神経伝達物質の量が増加したため。
- 興奮するニューロンの数が増えたため。
- 筋繊維の活動電位が大きくなったため。
- ニューロンの興奮頻度が増加したため。
- ニューロンの興奮伝導が速くなったため。
- ニューロンの活動電位が大きくなったため。

(文3)

筋肉(骨格筋)の収縮構造である筋原繊維は、細いアクチンフィラメントと、太いミオシンフィラメントからなる。筋収縮が生じるときは、ミオシンフィラメントの間にアクチンフィラメントが滑り込んでサルコメア(筋節)が短くなる。アクチンフィラメントは、アクチンのほか、トロポニンとトロポミオシンというタンパク質からできている。筋肉が弛緩しているとき、アクチンのミオシン頭部が結合する部位は、トロポミオシンによって隠されており、ミオシン頭部はアクチンと結合していない。

終板では、シナプス後膜の伝達物質依存性イオンチャンネルが開き、これをきっかけに筋繊維の細胞膜全体へ興奮が広がる。細胞膜の興奮は、T管(細胞膜の一部が細胞内部まで深く入り込んでできた管)を通じて筋小胞体に伝わり、筋小胞体の膜にあるカルシウムイオン(Ca^{2+})チャンネルが開く。筋小胞体内部の Ca^{2+} が放出されて、トロポニンに結合すると、トロポニンの立体構造が変化してトロポミオシンを移動させ、アクチン上にあるミオシン頭部結合部位が露出する。

ミオシン頭部にはATP分解酵素として働く部分がある。ATPがADPとリン酸に分解されたときに放出されるエネルギーによってミオシン頭部の立体構造が変化して、アクチンフィラメントと結合する。次にミオシン頭部からADPが放出されて、ミオシンの立体構造が元に戻るとき、アクチンフィラメントとの間で滑り込みが生じる。ミオシン頭部に新しくATPが結合すると、ミオシン頭部とアクチンフィラメントの結合が解ける。これを繰り返すことで収縮が起こる。

筋小胞体の膜上にはATPのエネルギーで働く Ca^{2+} ポンプがあって、細胞質基質内の Ca^{2+} は常に筋小胞体内へ輸送されている。筋小胞体への刺激がなくなると、 Ca^{2+} の放出が止まり、細胞質基質内の Ca^{2+} 濃度は低下し、トロポニンに結合した Ca^{2+} が外れて、アクチンとミオシン頭部は結合できなくなり、筋肉は弛緩する。

上に述べた筋収縮の仕組みを理解するために、以下の実験を行った。

筋標本の作製：カエルの後肢から取り出した筋肉を使ってA, B, Cの3つの筋標本を作製した。

標本A：細胞膜を傷つけずに残した筋標本

標本B：機械的に細胞膜を取り除いた筋標本

標本C：筋肉をグリセリンにひたし、細胞膜とトロポニンとトロポミオシンを溶かして取り除いた筋標本

標本A, B, Cを用いて、図3に示すように実験1, 実験2, 実験3を行った。

実験1 図3左のように、シャーレの中に配置した電極の上に筋標本をおき、電気で刺激した。

実験2 図3中央のように、シャーレの中に筋標本をおき、 Ca^{2+} の入った溶液を筋標本に滴下した。

実験3 図3右のように、シャーレの中に筋標本をおき、ATPと微量のマグネシウムイオン(Mg^{2+})の入った溶液を筋標本に滴下した。

実験1, 2, 3の結果は、表1のようになった。条件を加えた結果、収縮した場合は「あり」と、収縮しなかった場合は「なし」と示した。

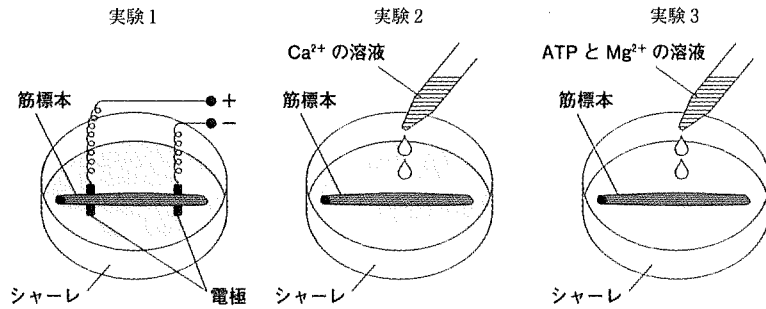


図3

	実験1	実験2	実験3
標本A	あり	なし	なし
標本B	あり	あり	なし
標本C	なし	なし	あり

表1

問5 実験1, 実験2の結果から考えられることとして, 誤っているのはどれか。

- Ca^{2+} は細胞膜を透過しない。
- 細胞膜の興奮が筋収縮を引き起こす。
- 筋原繊維を直接電気刺激しても収縮しない。
- 筋小胞体から放出された Ca^{2+} によって筋原繊維の収縮が起こる。
- 筋小胞体を電気刺激してもカルシウムイオンチャネルは開かない。
- トロポニンやトロポミオシンを欠くアクチンフィラメントの滑走に Ca^{2+} は関与しない。

問6 実験1, 実験2, 実験3の結果から考えられることとして, 誤っているのはどれか。

- Ca^{2+} はアクチンフィラメントの滑走を調節する。
- 細胞内の Ca^{2+} 濃度は筋小胞体からの Ca^{2+} 放出量を変化させる。
- トロポニンから Ca^{2+} が遊離するとアクチンとミオシンの結合は解かれる。
- ATPはアクチンフィラメントとミオシンフィラメントの滑走を引き起こす。
- 筋小胞体の興奮による Ca^{2+} の放出は, Ca^{2+} ポンプによる再取り込みより速い。