

理 科

＜監督者の指示があるまで開いてはいけない＞

1. 出願時に選択した2科目について、解答を別紙の解答用紙に記入しなさい。
2. 選択していない科目の解答用紙は問題配布後に回収します。
3. 試験開始後、まず解答用紙に自分の受験番号と氏名を正しく記入しなさい。
4. 試験開始後、速やかに問題冊子に落丁や乱丁がないか確認しなさい。
落丁や乱丁があった場合は、手を挙げなさい。
5. 下書きや計算は問題冊子の余白を利用しなさい。
6. 記入中でない解答用紙は必ず裏返しにしておきなさい。
7. 問題冊子は各科目の試験終了後、持ち帰ってもよい。
ただし、試験途中では持ち出してはいけない。

問 題 目 次

物 理	1	～	7	ページ
化 学	8	～	17	ページ
生 物	18	～	28	ページ

生 物

1. 遺伝子と DNA に関する各問いに答えよ。

I. 肺炎双球菌には病原性の S 型菌と非病原性の R 型菌が存在する。固形の栄養培地で培養すると S 型菌は滑らかなコロニーをつくり、R 型菌はざらざらしたコロニーを形成する。この違いは、S 型菌に存在する炭水化物の鞘(莢膜)が R 型菌にはないことによる。また、S 型菌の培養を続けていくとごくまれにざらざらしたコロニーが出現して R 型菌が得られることがある。^(a)このような各型の菌をマウスに注射すると、S 型菌はマウスの体内で増殖することで致死性の肺炎を引き起こすが、R 型菌は健康に影響を与えない。しかし、R 型菌に熱処理で死滅させた S 型菌の抽出液を加えてつくった混合物をマウスに注射したところ、^(b)マウスは肺炎を発症した。

問 1. 下線部(a)において、どのようにして S 型菌から R 型菌が生じるか述べよ。

問 2. 下線部(b)について(1)~(3)の問いに答えよ。

- (1) 混合物をつくる際、ある酵素で S 型菌の抽出液を処理してから R 型菌と混ぜると肺炎発症の効果が失われた。この酵素の名称を答えよ。
- (2) 肺炎の発症は、R 型菌の性質の変化を意味する。このような方法によって生物の形や性質が変わることを何と呼ぶか。
- (3) 同様の原理で植物の表現型を変えるには、どのような細菌を使えばよいか。細菌の名称を答えよ。

問 3. 栄養培地を入れた 2 枚のペトリ皿 A と B を用意し、皿 A には下線部(b)の混合物を、皿 B には下線部(b)の肺炎発症マウスから得た血液を接種し、同じ条件で培養した。その後出現する肺炎双球菌のコロニーはどのようにになると予想されるか、次の a ~ e からひとつ選び記号で答えよ。

- a. 皿 A, 皿 B ともほとんどのコロニーが滑らかなものとなる。
- b. 皿 A, 皿 B ともほとんどのコロニーがざらざらしたものとなる。
- c. 皿 A, 皿 B とも滑らかなコロニーとざらざらしたコロニーが同程度に観察される。
- d. 皿 A より皿 B の方が全コロニー数に対する滑らかなコロニー数の割合が高い。
- e. 皿 A より皿 B の方が全コロニー数に対するざらざらしたコロニー数の割合が高い。

II. ヒトのゲノム中には、短い塩基配列が連続してくり返し現れる反復配列が存在する。たとえば、第5染色体にあるCSF1R遺伝子のイントロンの領域には5'-AGAT-3'を1単位とした反復配列CSF1POがある。この配列を詳しく調べるため、ある国の複数の地域の大集団を対象に調査を行った。すなわち、PCR法を用いて、少量の白血球より抽出したDNAからCSF1POを含む領域を増幅し、電気泳動で分離後、シーケンサーで解析した。ある試料から得た塩基配列を下図に示す。その結果、CSF1POにはくり返し数7~15回からなる9種類の配列があり、個人差が認められた。そこでこの9種類の配列を対立遺伝子とみなし、遺伝子頻度を求めたところ、表1の結果が得られた。この遺伝子頻度には地域や世代による違いはなく、ハーディ・ワインベルグの法則が適用できる。さらに同様の方法により、血縁関係にある3世代9名(父親と母親、子供4名、父親の兄、父方の祖父と祖母)のCSF1POを調べ、くり返し数の組み合わせを明らかにした(表2)。ただし、試料番号④は父方の祖母、⑨は父親の兄である。

5'-					
1	TTCCACACAC	CACTGGCCAT	CTTCAGCCCA	TTCTCCAGCC	TCCAGGTTCC
51	CACCCAACCC	ACATGGTGCC	AGACTGAGCC	TTCTCAGATA	CTATCTCCTG
101	GTGCACACTT	GGACAGCATT	TCCTGTGTCA	GACCCTGTTC	TAAGTACTTC
151	CTATCTATCT	ATCTATCTAT	CTATCTATCT	ATCTATCTAT	CTATCTATCT
201	ATCTAATCTA	TCTATCTTCT	ATCTATGAAG	GCAGTTACTG	TTAATATCTT
251	CATTTTACAG	GTAGAAAAC	TGAGACACAG	GGTGGTTAGC	AACCTGCTAG
301	TCCTTGGCAG	ACTCAGGTT-3'			

※注意 10塩基ごとに空白で区切り、50塩基単位で改行している。
左端の数字は5'末端からの塩基の数を示している。

図1

くり返し数(回)	遺伝子頻度
7	0.008
8	0.003
9	0.052
10	0.215
11	0.221
12	0.402
13	0.083
14	0.013
15	0.003
合計	1.000

表1

試料番号	くり返し数(回)の組み合わせ
①	9, 10
②	10, 12
③	12, 13
④	12, 12
⑤	7, 13
⑥	7, 12
⑦	7, 10
⑧	10, 13
⑨	9, 12

表2

- 問 4. 図 1 の結果にもとづき、PCR 法に用いた 2 種類のプライマーの配列を 5' 末端から 8 塩基分、左から右の方向に記せ。
- 問 5. PCR 法に関する次の文章のア～ウの に適切な語句を答えよ。
プライマーは DNA 複製の ア となる。DNA の 2 本鎖を解離させる際の反応条件を考慮すると DNA ポリメラーゼには イ が求められる。DNA 合成の基質として 4 種類の ウ が必要である。
- 問 6. 9 種類の配列が確認された CSF1PO のように、同じ生物種の同じ遺伝子座に異なる塩基配列が複数存在することを何と呼ぶか。
- 問 7. 図 1 の塩基配列における CSF1PO のくり返し数はいくつか。途切れることなく連続した反復配列の中で最長のものについて答えよ。
- 問 8. 調査した国において、くり返し数 10 と 11 の組み合わせの CSF1PO をもつ国民の頻度は表 1 のデータから $2 \times 0.215 \times 0.221$ と計算される。同様の推定により、総人口 1 億 2 千万人の中で 5,760 人だけが有するくり返し数の組み合わせをすべて答えよ。
- 問 9. 母親のくり返し数の組み合わせを表 2 の試料番号で答えよ。
- 問 10. 4 名の子供のくり返し数の組み合わせ中でもっとも頻度が高いものはどれか。表 2 の試料番号で答えよ。

2. 細胞に関する各問いに答えよ。

ラットの膵臓をグルタルアルデヒドと四酸化オスミウムで固定後、エタノールで脱水して樹脂に埋め、切片を作製した。図1は染色した切片を光学顕微鏡で観察した際のスケッチである。次に同じ切片を電子顕微鏡で観察したところ、ア～ウの細胞内には多くの小胞が存在し、そのなかには①微小管に結合しているものや、細胞膜に融合して内容物を細胞外に放出しているものが観察された。また、タンパク質であるキネシン②の分布を調べたところ多くの小胞の分布と一致していた。図2は電子顕微鏡で観察した細胞アの模式図であり、点線で示した矢印は小胞が移動する方向を示している。

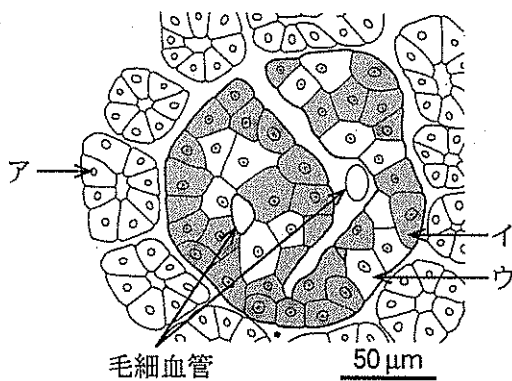


図1

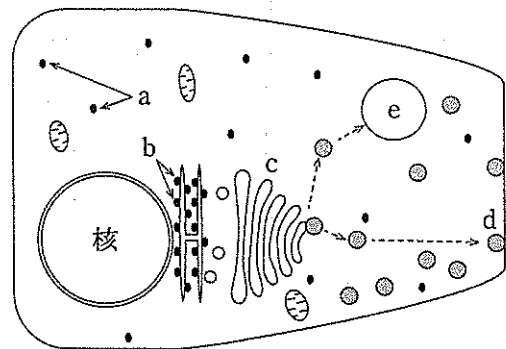


図2

問 1. 文中の に適切な語句を答えよ。

問 2. 細胞アから分泌され、膵臓から離れたところで働く物質を2つ選び記号で答えよ。

- a. ペプシン b. アミラーゼ c. トリプシン
d. セクレチン e. セルラーゼ

問 3. 次の文章のA, Bの に適切な語句を答えよ。

細胞イが障害を受けると糖尿病を発症する。一方、細胞イの機能が正常であっても糖尿病になることがあるのは、 A 細胞の B に対する反応性が低下するためであると考えられる。

問 4. 細胞イが分泌する物質について調べるため、膵臓全体をすりつぶしてから抽出しようとしたが、うまく取り出すことができなかった。その理由を考察せよ。

問 5. リボソームを構成している物質を2つ答えよ。

問 6. 図2のaとbはリボソームを、dは細胞膜と融合している分泌小胞を、eは一重の生体膜に囲まれた直径0.4～数μmの細胞小器官を示している。dに含まれるタンパク質の合成過程において翻訳が完了するのはどこか、図2のa～eの中からひとつ選び、記号で答えよ。

問 7. 図 2 の e の名称を解答欄 I に, その働きを解答欄 II に答えよ。

問 8. 下線部①のような現象を何というか, 答えよ。

問 9. 微小管に関する以下の記述で正しいものをすべて選び, 記号で答えよ。

ア. チューブリンと呼ばれる球状のタンパク質からできている。

イ. ミオシンフィラメントと結合する。

ウ. アクチンフィラメントより細い。

エ. 紡錘体の構成要素である。

オ. 中空の構造をしている。

カ. 原形質流動に関与する。

問10. 下線部②でキネシンと小胞の分布が一致しているのはなぜか, 説明せよ。

問11. 図 1 の細胞ウについて, 核の直径を測ったところスケッチ上で 1.2 mm であった。また, 同じ図の 50 μm を示す横線(バー)の長さは 1.25 cm であった。実際の核の直径を答えよ。

3. 刺激の受容と反応および体内環境の維持のしくみに関する各問いに答えよ。

I. ひざから下の足の動きは、図1に示したひざを伸ばす筋肉(筋肉A)、ひざを曲げる筋肉(筋肉B)、およびこれらの働きに深く関与する複数の神経で制御される。特定の刺激が無意識のうち引き起こすすばやい反応を調べるため、足が床につかない高さの机に被験者を座らせ、リラックスした状態でひざ関節の直下を適度の強さでたたいた。するとただちに足が前方に跳ね上がった(図2)。撮影した映像の解析から、たたいてから足が動き出すまでの時間は30ミリ秒であった。この反応の機構は、次のように説明される。『たたいた刺激は筋肉Aの中にある **ア** で受容されて感覚神経を興奮させる。この神経の軸索は **イ** を通って脊髄に入り、 **ウ** を介して運動神経に興奮を伝える。運動神経の軸索は **エ** を通って脊髄から出て筋肉Aに到達して興奮を伝達する。その結果、筋肉Aが収縮して足が前の方に動く』、この反応の経路を **オ** と呼ぶ。

この反応において筋肉Bは弛緩しているため、筋肉Bを支配する神経の様子を調べたところ、たたいた刺激によってこの神経が強く抑制され、一時的に興奮しない状態に変化することがわかった。また、この変化は、筋肉Aを支配する神経の変化よりもわずかに遅れて生じることも判明した。

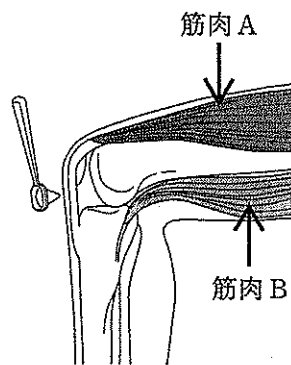


図1

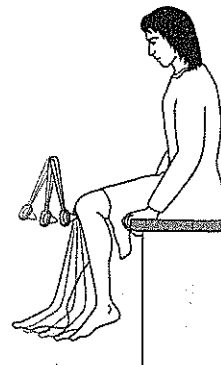


図2

問 1. 文中のア～オの に適切な語句を答えよ。

問 2. 下線部(a)の感覚神経に関する以下の記述で正しいものをすべて選び、記号で答えよ。

- ア. 強くたたくほど神経細胞の活動電位の最大値が大きくなる。
- イ. たたく前の細胞内電位の維持にはATPが必要である。
- ウ. たたくことで生じた神経の興奮は自律神経と同じ通路で脊髄に入る。
- エ. たたくことで筋肉Aが収縮して神経が興奮する。
- オ. たたく刺激は神経細胞の細胞内電位を一過性に上昇させる。

問 3. 下線部(b)の筋肉 A の収縮に関する以下の記述で正しいものをすべて選び、記号で答えよ。

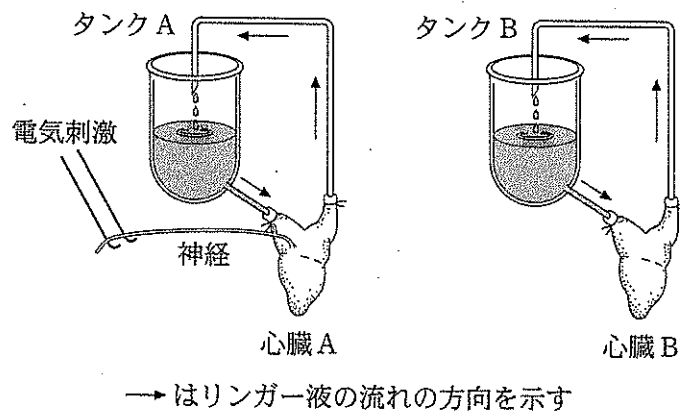
- ア. 筋細胞の中に細胞外から Ca^{2+} が流入することが必要である。
- イ. 収縮には筋細胞内のミオシン頭部への Ca^{2+} の結合が必要である。
- ウ. 収縮に先立って神経から筋肉にアセチルコリンが放出される。
- エ. この場合の筋肉の収縮は強縮に該当する。
- オ. 収縮は筋細胞に活動電位が発生した後に起こる。

問 4. 下線部(c)の現象に関する次の文章の ア、イの に適切な語句を答えよ。

この現象は、筋肉 A からの情報を伝える感覚神経と筋肉 B を支配する運動神経との間に

ア 性の イ ニューロン(イ 神経)が存在することで生じる。

II. 2匹のカエルを用意し、片方からは心臓とこれにつながっている神経のうち1本を傷つけないように一緒に取り出した(心臓A)。一方、残りの1匹からは、神経を除いた心臓を取り出した(心臓B)。図のように、各心臓には各々のタンクからリンガー液(体液に似た組成の塩類を含む液)を流して、心臓の拍動(くり返す自発収縮)によって出てきた液が再びタンクに戻るようにした。2つの心臓の拍動を観察したところ、いずれの心臓もほぼ同じ速さで、規則的に拍動していた。実験でタンクに様々な液を入れる場合は、液面が一定の高さになるように、同じ容量の液をとり除いてから加えた。実験ごとに新しいリンガー液で心臓を何度か洗い流し、タンクの液を新しいリンガー液にとりかえた。この装置を用いて以下の実験1~5を行い、それぞれ結果を得た。



図

【実験1】 心臓Aの神経を10秒間、電気刺激すると心臓Aの拍動は遅くなったが、電気刺激を止めると拍動はすぐに回復した。心臓Aの神経を1分間、前より強く電気刺激すると心臓Aの拍動は著しく遅くなり、電気刺激を止めてもしばらく遅いままであった。心臓Aの神経を1分間、強く電気刺激した直後のタンクAの液をタンクBに入れると心臓Bの拍動は遅くなった。

【実験2】 タンクAのリンガー液に微量の物質Xを加えたが心臓Aの拍動には変化がみられなかった。ところが、心臓Aの神経を10秒間、電気刺激すると心臓Aの拍動は著しく遅くなり、電気刺激を止めても遅いままであった。このときのタンクAの液をタンクBに入れると心臓Bの拍動は遅くなった。そこでタンクBに微量の物質Yを加えたところ、心臓Bの拍動は回復した。タンクBの液をタンクAに戻すと心臓Aの拍動も回復した。次に心臓Aの神経を10秒間、電気刺激したが心臓Aの拍動は変化しなかった。

【実験3】 タンクBのリンガー液に微量のアセチルコリンを加えると心臓Bの拍動は遅くなった。タンクBの液を新しいリンガー液にとりかえてから微量のXを加え、その後前と同量のアセチルコリンを加えると心臓Bの拍動は前よりも著しく遅くなった。そこでタンクBに微量のYを加えたところ心臓Bの拍動は回復した。その後、タンクBに同量のアセチルコリンを加えたが心臓Bの拍動の速さは変化しなかった。

【実験4】 タンク A のリンガー液に微量の Y を加えたが心臓 A の拍動には変化がみられなかった。次に心臓 A の神経を 10 秒間、電気刺激したが心臓 A の拍動は変化せず、さらにタンク A に実験 3 と同量のアセチルコリンを加えたが心臓 A の拍動は変化しなかった。

【実験5】 タンク B のリンガー液に微量のノルアドレナリンを加えると心臓 B の拍動は速くなった。そこでタンク B に微量の X を加えたが心臓 B の拍動は変化せず、次に微量の Y を加えても心臓 B の拍動は変化せず、速いままであった。その後、タンク B に実験 3 と同量のアセチルコリンを加えたが心臓 B の拍動の速さはほとんど変化しなかった。

問 5. 実験 1 から実験 5 の結果だけでは結論することができないのはどれか。以下のア～オの中からひとつ選んで記号で答えよ。

- ア. 心臓 A の神経から放出される物質はアセチルコリンである。
- イ. 心臓 A の神経の電気刺激もアセチルコリンも心臓の拍動を遅くする。
- ウ. 心臓 A の神経の電気刺激の効果もアセチルコリンの作用も X があると強くなる。
- エ. 心臓 A の神経の電気刺激の効果もアセチルコリンの作用も Y があると消失する。
- オ. ノルアドレナリンの作用は X に影響されない。

問 6. (1)と(2)の問いに以下のア～カの中からそれぞれひとつ選んで記号で答えよ。

- (1) X の働きを実験結果と矛盾なく説明するのはどれか。
- (2) Y の働きを実験結果と矛盾なく説明するのはどれか。
- ア. 神経末端から物質が放出されるのを妨げる。
- イ. 神経末端から物質が放出されるのを促進する。
- ウ. 神経末端から放出された物質の分解を妨げる。
- エ. 神経末端から放出された物質の分解を促進する。
- オ. 神経末端から放出された物質と同じ働きをもつ。
- カ. 神経末端から放出された物質が心臓に働くのを妨げる。

問 7. ほ乳類で体内に X を注射すると心拍数は減少し、Y を注射すると心拍数は軽度増加した。X と Y がほ乳類の他の自律神経の末端のシナプスでも同様に働くと考えた場合、Y をほ乳類の体内に注射したときにおこると予想されるのはどれか。ア～オの中から、2 つ選んで記号で答えよ。

- ア. 瞳孔が拡大する。
- イ. 立毛筋が収縮する。
- ウ. 胃や腸の運動が促進される。
- エ. アドレナリンの分泌が促進される。
- オ. 食後のインスリンの分泌が抑えられる。

4. 花の形態形成に関する各問いに答えよ。

I. 野生型のシロイヌナズナの花は外側から中心に向かってがく片、花弁、おしべ、めしべの順番に配列しており、それぞれの位置を領域1, 2, 3, 4と呼ぶ。本来花弁ができる場所にがく片ができるなど、花の構造が変化した突然変異体を用いた研究から、花の形態分化はAクラス遺伝子、Bクラス遺伝子、Cクラス遺伝子と呼ばれる3つのクラスの遺伝子の相互関係によって決まるというABCモデルが広く支持されている。ABCモデルによると花が形成されるときには次のルールが成り立つ。

- (1) 花芽の分裂組織のもっとも外側の領域1ではAクラス遺伝子が働き、がく片が分化する。
- (2) 領域2ではAクラス遺伝子とBクラス遺伝子が一緒に働き、花弁が分化する。
- (3) 領域3ではBクラス遺伝子とCクラス遺伝子が一緒に働き、おしべが分化する。
- (4) もっとも内側の領域4ではCクラス遺伝子が働き、めしべが分化する。
- (5) Cクラス遺伝子は分裂組織の活動を停止させ、花の形成を終わらせる働きを持つ。
- (6) Aクラス遺伝子とCクラス遺伝子は互いの発現を抑制する。たとえばAクラス遺伝子が働かなくなるとCクラス遺伝子が分裂組織全体で働くようになる。

問 1. 次の文章のア～ウの に適切な語句を答えよ。

花芽形成で光受容体として働いているのは、葉に存在する ア と呼ばれる色素タンパク質である。オナモミでは一定の暗期を感知すると イ と呼ばれる物質が葉でつくられ、これが ウ を通って茎頂分裂組織に移動して花芽の分化を誘導すると考えられている。

問 2. ABCモデルにもとづいて考えたときに、変異体の花はどのような部分からなるか。次のア～オの中から生じる可能性があるものをすべて選び、記号で答えよ。

- ア. がく片とめしべのみ
- イ. がく片とおしべのみ
- ウ. おしべとめしべのみ
- エ. 花弁とめしべのみ
- オ. おしべのみ

問 3. あるクラスの遺伝子が働かなくなった変異体と別のクラスの遺伝子が働かなくなった変異体を用いた交配実験によって、めしべのみから構成される花をつくりたい。ABCモデルにもとづいて、どのような変異体を用いればよいか、答えよ。

問 4. A, B, Cすべてのクラスの遺伝子が働かなくなった変異体では、花の構造はどのように変化すると考えられるか。

問 5. 次の文章のア, イの に適切な語句を答えよ。

A, B, Cの各クラスの遺伝子は, ショウジョウバエの ア 遺伝子と同様,
 イ を制御する働きをもつ調節遺伝子である。調節遺伝子の種類と組み合わせが分化
の方向を決定している。

II. シロイヌナズナの花は野生型では一重咲きである。ある一重咲きの個体を自家受精させ, 得られた種子をすべてまいて育てた。その結果, 次世代(F_1)には一重咲きの個体の他に, 多数のがく片と花弁のみから構成される八重咲きの個体が含まれていた。一重咲きか八重咲きかは1対の対立遺伝子Mとmで決まり, Mはmに対して優性である。

問 6. M(m)遺伝子はABCモデルのどのクラスの遺伝子と考えられるか。

問 7. F_1 のうち八重咲きの花を付ける個体は何%か。

問 8. F_1 を自家受精させて得られた種子をすべてまいた時, 一重咲きの個体と八重咲きの個体の比率を答えよ。ただし, F_1 の自家受精において, それぞれの個体は等しい数の種子をつくるものとする。