

2022年度

理 科

医療・保健系統(医学部医学科受験者用)

- 46 物理(1～6ページ)
 47 化学(7～19ページ) 問 題 冊 子
 48 生物(20～35ページ)

注 意 事 項

- (1) 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見ないこと。
- (2) 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に申し出ること。
- (3) 解答は別に配付する解答用紙の該当欄に正しく記入すること。ただし、解答に関係のない語句・記号・落書き等は解答用紙に書かないこと。
- (4) 解答用紙上部に印刷してある受験系統コード、受験番号、氏名(カタカナ)を確認し、氏名欄に氏名(漢字)を記入すること。もし、印刷に間違いがあった場合は、手を挙げて監督者に申し出ること。

〔解答用紙記入例(選択式の場合)〕

例 1. 〔語群〕が二桁で〔11〕大阪〔12〕佐賀〔13〕長崎〔14〕東京 とある場合

	A		B		C	
問 X	16	17	18	19	20	21
	/	2	/	4	/	/

Aの解答が佐賀の場合 → (17)
 Bの解答が東京の場合 → (19)
 Cの解答が大阪の場合 → (21)

例 2. 〔語群〕が一桁で(1)大学(2)中学校(3)高校(4)小学校 とある場合

	a	b	c
問 X	51	52	53
	/	4	2

aの解答が大学の場合 → (51)
 bの解答が小学校の場合 → (52)
 cの解答が中学校の場合 → (53)

48 生 物

〔Ⅰ〕 細胞膜に関する次の文章を読み、問 1～問 7 に答えよ。

細胞膜は、細胞質の最外層として細胞内部を外界から隔てるとともに、細胞内外の物質の出入りを調節して細胞内の環境を維持する機能をもっている。生命活動に関わる物質の細胞内外への移動には、リン脂質二重層の透過^(a)と膜タンパク質を介した輸送^(b)が内外の双方向に関わり、エンドサイトーシス^(c)は内へ、エキソサイトーシスは外への輸送に関わる。

ニューロン(神経細胞)の細胞膜の膜電位変化では、膜タンパク質を介した輸送が重要な役割を果たしている。刺激を受けていないニューロンの細胞膜では、膜タンパク質を介した特定の物質の輸送によって膜電位が発生する。これを静止電位^(d)という。哺乳動物のニューロンに刺激を与えると、 -60 mV 程だった膜電位は正の方向に変化^(e)し、さらに正の値へと逆転するが過分極^(f)を経てもとの静止電位^(g)へと戻る。この一連の膜電位変化を活動電位という。

問 1 下線部(a)に関して、細胞膜の主要な構造であるリン脂質二重層を容易に通る抜ける分子を、次の(1)～(4)から 1 つ選び、番号で答えよ。

- | | |
|-----------|-----------|
| (1) インスリン | (2) 二酸化炭素 |
| (3) グルコース | (4) システイン |

問 2 下線部(b)の中で、水溶液中の物質が生体膜をはさんで濃度の高い方から低い方へ移動する輸送を何と呼ぶか。

問 3 下線部(c)の中で、白血球が細菌のような大きな粒子を取り込む過程を何と呼ぶか。

問 4 下線部(d)の生成と維持に直接関係する物質の輸送に関わる膜タンパク質を2つ挙げよ。

問 5 下線部(e)の電位変化を何と呼ぶか、またこの電位変化に直接関与する膜タンパク質は何か。電位変化の名称を解答欄Ⅰに、膜タンパク質の名称を解答欄Ⅱにそれぞれ答えよ。

問 6 下線部(f)の電位変化に直接関与する膜タンパク質は何か。

問 7 下線部(g)に関して、ニューロンへの刺激が大きくなると、活動電位はどのようなになるか。正しいものを、次の(1)～(4)から1つ選び、番号で答えよ。

- (1) 逆転時の電位が大きくなる。
- (2) 逆転時の電位の持続時間が長くなる。
- (3) 過分極時の電位の持続時間が長くなる。
- (4) 発生頻度が高くなる。

〔Ⅱ〕 転写に関する次の文章を読み、問 1～問 7 に答えよ。

原核生物では、遺伝子の転写は RNA 合成酵素が 2 本鎖 DNA に結合すること
によって開始される。糖の代謝など、^(ア)関連する機能をもつ酵素群の遺伝子は
^(イ)DNA 上に並んで存在し、RNA 合成酵素によって 1 本の mRNA として転写され
る。

一方、真核生物では、RNA 合成酵素は、転写の開始を助けるタンパク質と複
合体を形成し DNA に結合したのち転写を開始する。^(ウ)真核生物では、タンパク質
の遺伝子から転写されたばかりの RNA は mRNA の前駆体で、タンパク質の遺
伝情報をもたない部分が存在する。そのため、タンパク質の遺伝情報をもつ部分
^(エ)をつなぎ合わせて mRNA をつくる過程が存在する。また、多くの遺伝子は、細
胞の種類や状態に合わせて、その転写が調節されている。この調節には、遺伝子
から離れた領域に存在する転写調節領域と、その領域に結合する転写調節タンパ
ク質が重要な役割を担っている。

そこで、神経細胞で特異的に発現する遺伝子 A について、その転写調節のし
くみを明らかにするために、【実験 1】と【実験 2】を行なった。

【実験1】

遺伝子 A の転写調節領域を調べるために、図 1 のように染色体上で遺伝子 A とつながる領域①～⑤の DNA を染色体から切り出して、神経細胞には発現していない遺伝子 G と連結した DNA 断片 1 ～ 5 を作製した。また、DNA 断片 6 は遺伝子 G のみである。DNA 断片 1 ～ 6 のそれぞれを神経細胞に導入したのち、神経細胞がもつ遺伝子 G の mRNA 量を測定し、細胞あたりの相対量に換算して遺伝子転写量とした。その結果を図 2 に示した。

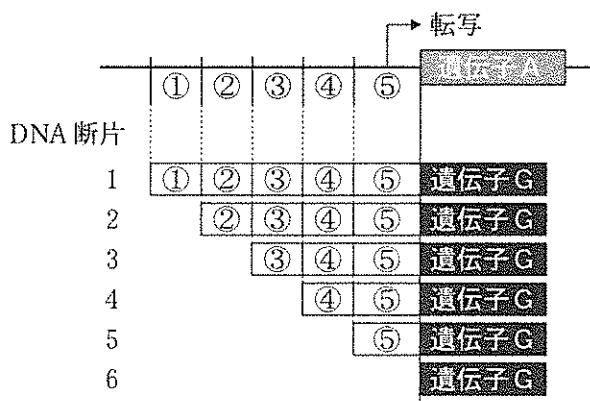


図 1

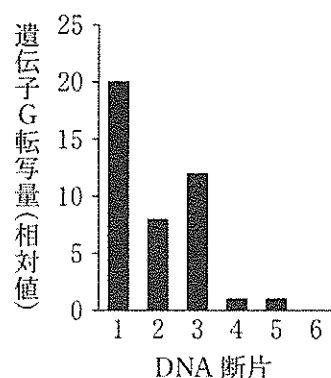


図 2

【実験2】

図1の領域①～⑤までを含むDNA断片と調節タンパク質の結合を調べるため、その範囲と同じ塩基配列をもつ2本鎖DNA断片を合成し、その末端を放射性同位体で標識した。この標識DNA断片と神経細胞の核抽出液を混ぜ、ゲルを用いて電気泳動を行なった。この電気泳動では、同じ大きさのDNA断片あるいはDNA断片と調節タンパク質の複合体が1つのバンドとして観察される。電気泳動後のゲル中の標識DNA断片の位置を知るために、そのゲルでX線フィルムを感光させた。その結果、図3に示すようにXとYの位置にバンドが見られた。

レーンaは核抽出液のみ、レーンbは標識DNAのみ、レーンcは核抽出液と標識DNAの混合液を試料として電気泳動している。ただし、電極(－)と電極(＋)は電極の位置を示す。

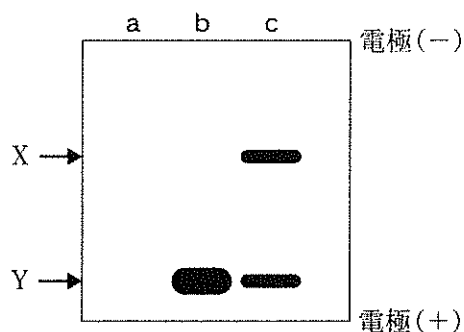


図3

問1 下線部(ア)に関して、RNA合成酵素が最初に結合する2本鎖DNAの領域を何と呼ぶか。

問2 原核生物において、下線部(イ)のように、関連する機能を持ち、まとめて1本のmRNAとして転写される遺伝子群のことを何と呼ぶか。

問3 下線部(ウ)の役割をもつタンパク質を何と呼ぶか。

問 4 下線部(エ)を何と呼ぶか、また mRNA の前駆体のタンパク質の遺伝情報をもたない部分を何と呼ぶか。過程の名称を解答欄 I に、部分の名称を解答欄 II に記入せよ。

問 5 実験 1 の結果から考えて、転写を抑制する領域をすべて選び、領域の番号で答えよ。

問 6 実験 2 のレーン c で出現した 2 つのバンド X と Y の説明として、次の(1)～(4)から最も適切なものを 1 つ選び、番号で答えよ。

- (1) バンド X は DNA 断片のみ、バンド Y が DNA 断片と調節タンパク質の複合体で、1 つの複合体に多数の DNA 断片が含まれるため、より速い速度で(+)極に向かって移動した。
- (2) バンド Y は DNA 断片のみ、バンド X が DNA 断片と調節タンパク質の複合体で、複合体は分子サイズが大きいため DNA 断片のみよりも速い速度で(－)極に向かって移動した。
- (3) バンド X は DNA 断片のみ、バンド Y が DNA 断片と調節タンパク質の複合体で、1 つの複合体に多数の DNA 断片が含まれるため、より遅い速度で(－)極に向かって移動した。
- (4) バンド Y は DNA 断片のみ、バンド X が DNA 断片と調節タンパク質の複合体で、複合体は分子サイズが大きいため DNA 断片のみよりも遅い速度で(+)極に向かって移動した。

問 7 実験 2 を，標識 DNA と核抽出液の混合物に，放射性同位体で標識する前の 2 本鎖 DNA を過剰に加えて行なうとどのようなバンドのパターンが検出されると考えられるか。図 4 の (1)～(4) から 最も適切な パターンを 1 つ選び番号で答えよ。ただし，図 4 で点線より左側のレーン a～c，X と Y および電極表記は，図 3 と同様である。

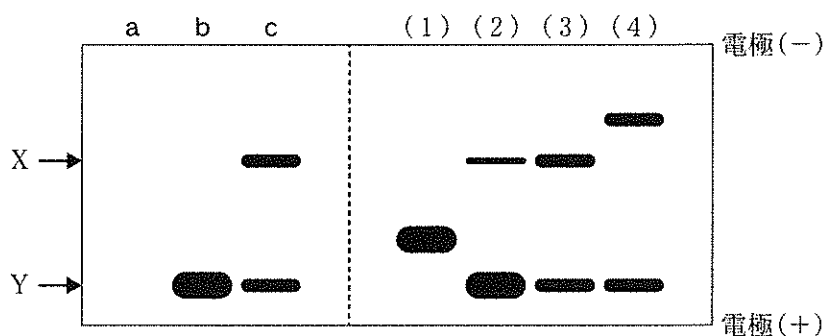


図 4

〔Ⅲ〕 ヒトの体液に関する次の文章を読み、問 1～問 7 に答えよ。

ヒトの体には、気温などの体外環境が変化しても体内環境を一定に保とうとするしくみがある。^(a) そのほか、血液などの体液の組成や温度は体外環境が変化してもほぼ一定に保たれている。^(b)

血液の重量の約 55 % は液体成分の血しょうであり、残りは 有形成分^(c) (白血球、血小板、赤血球) である。白血球は、生体防御を担う免疫細胞^(d) であり、T 細胞、B 細胞などのリンパ球や好中球が含まれる。これらの細胞は 骨髓に存在する特定の細胞^(e) に由来する。血小板は、出血時に血管の傷口に集合して 血液凝固因子^(f) を放出する。そのほか、血べいが形成されて傷口がふさがれ、出血による体内からの失血が防がれる。 赤血球は、酸素を運搬する役割をもつ細胞で、肺で細胞内のヘモグロビンと酸素が結合し、体内の毛細血管で酸素を放出すること^(g) で全身の組織へ酸素を供給する。

問 1 下線部(a)のしくみを何と呼ぶか。

問 2 下線部(b)に関して、血しょう中のイオンの排出を担う臓器は何か。

問 3 下線部(c)には寿命があり、体内で破壊される。ヒトで赤血球の破壊に関わる臓器を 2つ 答えよ。

問 4 下線部(d)に関して、好中球などの食細胞がもち、細菌の細胞壁やウイルスの RNA などの認識に関わる受容体は何か。

問 5 下線部(e)の細胞を何と呼ぶか。

問 6 下線部(f)とともにほたらいて、血しょう中のプロトロンピンをトロンピンへと変化させる金属イオンは何か。また、トロンピンが作用する血しょう中のタンパク質は何か。イオンの名称を解答欄Ⅰに、タンパク質の名称を解答欄Ⅱにそれぞれ記入せよ。

問 7 下線部(g)に関して、ヒトにおける酸素ヘモグロビンの割合と酸素濃度の関係を表す酸素解離曲線を図1に示した。図1中の(Ⅰ)と(Ⅱ)は、二酸化炭素濃度(相対値)がそれぞれ40と50の場合の酸素解離曲線である。ただし、pH および温度は一定とする。

運動後のヒトの動脈血は、酸素濃度(相対値)が80で、二酸化炭素濃度(相対値)は40であった。一方、組織の酸素濃度(相対値)は30、二酸化炭素濃度(相対値)は50であった。組織に与える酸素量は、運ばれてきた酸素量の何%か。図1をもとに計算し、答えは小数点第2位を四捨五入せよ。

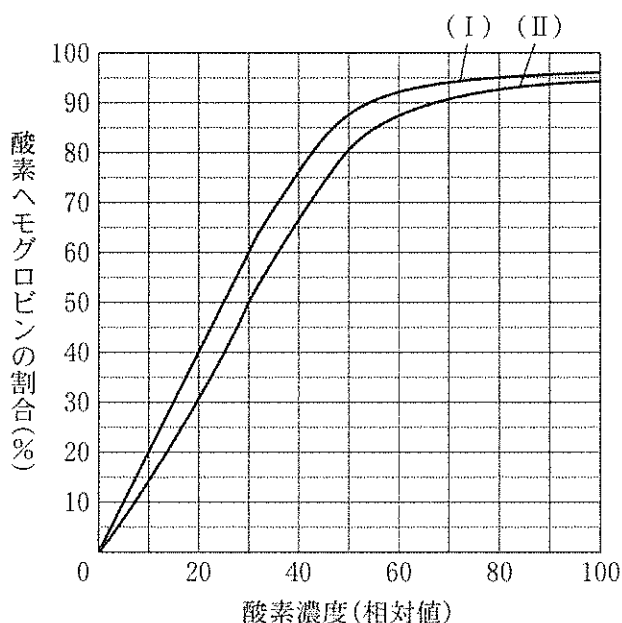


図1

〔Ⅳ〕 ショウジョウバエの発生に関する次の文章を読み、問 1 ～問 7 に答えよ。

ショウジョウバエの卵は側方から見ると細長い楕円形であるが、平らな側と湾曲した側があり、平らな側が将来の胚の背側になる。卵の楕円の長軸は胚の前後軸に一致し、前端には精子が侵入する卵門突起がある。胚の体軸は、卵形成時に発現して、未受精卵に mRNA として貯えられる遺伝子によって決定される。このような遺伝子のことを(イ)効果遺伝子と呼び、遺伝子から転写された mRNA や翻訳されたタンパク質のことを(イ)因子と呼ぶ。

胚の前後軸について、おもに前方を決定するのがビコイド遺伝子とハンチバック遺伝子であり、おもに後方を決定するのがナノス遺伝子とコーダル遺伝子である。ビコイド mRNA は未受精卵では前端に局在し、受精後にビコイドタンパク質に翻訳されるため、卵の前端で濃度が高く、後端に向かって低くなるタンパク質の濃度勾配を形成する。一方、ナノス mRNA は後端に局在し、受精後に翻訳されて、卵の前端で濃度が低く、後端に向かって高くなるナノスタンパク質の濃度勾配が形成される。ハンチバック mRNA とコーダル mRNA は未受精卵内に均一に存在するが、ハンチバック mRNA はナノスタンパク質によって翻訳が阻害されるため、受精後、ハンチバックタンパク質は前端で高く、後端で低いなどらかな濃度勾配をつくる。一方、コーダル mRNA は、受精後にビコイドタンパク質が結合して翻訳が阻害されるので、前方で低く、後方で高いコーダルタンパク質の濃度勾配を形成する。これらのタンパク質の濃度の違いが(ロ)情報として利用され、初期胚のパターン形成がおこる。

おもに体節数の決定をするのが分節遺伝子である。分節遺伝子には、ギャップ遺伝子群、ペアルール遺伝子群、(ハ)遺伝子群がある。これらの遺伝子がはたらいて最終的に 14 個の体節が決定され、さらに 1 個の体節が 4 つに区画される。体節をどのような構造にするかは、ホメオティック遺伝子群によって決定される。

問 1 文中の(イ)～(ハ)に適切な語句を記入せよ。

問 2 下線部(a)の mRNA 局在には、微小管に結合して微小管の+端から一端に向かって移動するモータータンパク質が関与する。このタンパク質は何か。

問 3 下線部(b)に関して、なぜ受精後の卵の中でピコイドタンパク質の濃度勾配は形成されるのか。その理由として正しいものを、次の(1)～(4)から 1 つ選び、番号で答えよ。

- (1) 受精後に多核体の時期があるため。
- (2) ピコイドタンパク質の輸送タンパク質があるため。
- (3) ピコイドタンパク質が後端で分解されるため。
- (4) ピコイドタンパク質がコーダル mRNA に結合するため。

問 4 下線部(c)に関して、この遺伝子群の遺伝子はショウジョウバエの胚の中で何本の帯として発現するか。

問 5 下線部(d)の遺伝子群の変異に属するものは、次の(1)～(4)のどれか。正しいものを 1 つ選び、番号で答えよ。

- (1) 白眼突然変異
- (2) ウルトラパイソラックス突然変異
- (3) 腹部欠損変異
- (4) 双頭胚突然変異

問 6 下線部(d)に関して、ショウジョウバエのこの遺伝子群と相同な遺伝子群はすべての動物に存在し、これらを総称してホックス(Hox)遺伝子群という。ショウジョウバエでは、Hox 遺伝子群はゲノム中に 1 セットしか存在しないが、マウスではゲノム中に何セット存在するか。

問 7 下線部(d)に関して，ショウジョウバエでは8個の遺伝子が存在する。それらの遺伝子に関する説明として誤っているものを，次の(1)～(4)から1つ選び，番号で答えよ。

- (1) 胚の頭部から尾部の体節の構造を決定する。
- (2) 第3染色体にクラスターを形成している。
- (3) 遺伝子の染色体上での配列は，支配する体節の配列に一致する。
- (4) 1個の遺伝子が1個の体節の構造を決定する。

〔V〕 微小生態系の実験に関する次の文章を読み、問 1～問 6 に答えよ。

タンパク質の分解物であるペプトンと無機栄養塩類を含む培養液をガラスフラスコに入れ、そこに池の水を数滴加え、綿栓をして 24℃ に保って、12 時間ずつの明暗周期で培養した。培養開始後、培養液は数日で白濁した。培養を始めて 10 日後には白濁は薄れ、緑色の濁りが見られるようになった。さらに日がつと、培養液の緑色の濁りが薄まるとともに、ガラスフラスコの底に緑色の繊維状構造の塊が見られるようになった。培養を始めて 40 日後の時点で、培養液中には細菌、ワムシ、繊毛虫、クロレラ、シアノバクテリアの 5 種類の生物が見られた。これらの生物量を、培養開始から定期的にガラスフラスコ内の培養液を一定量ずつ取り、計測した結果を図 1 に示す。

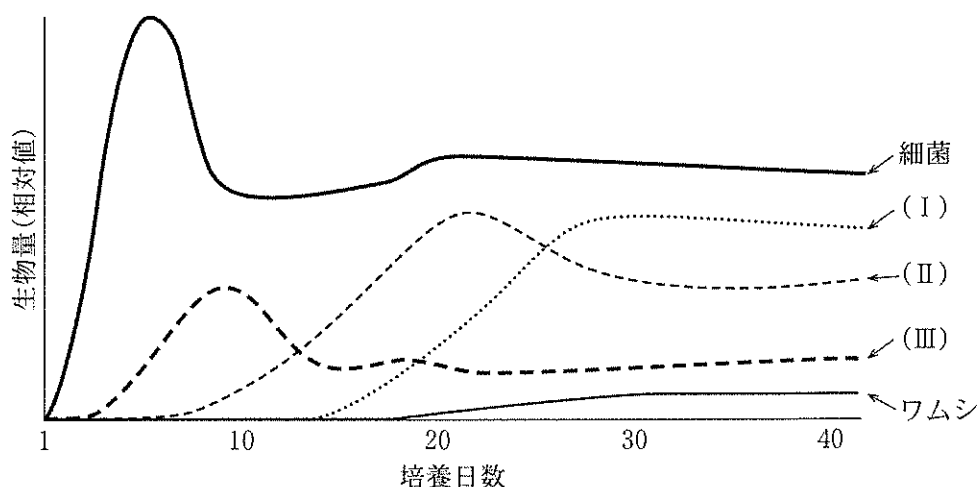


図 1

問 1 図 1 で 40 日目以降は、ガラスフラスコ内で 5 種類の生物の個体群は生物量がほぼ一定の平衡状態になる。このような生態系の状態を何というか。

問 2 シアノバクテリアと繊毛虫は、図 1 の曲線 (I) ~ (III) のどれにあたるか、シアノバクテリアについては解答欄 A に、繊毛虫については解答欄 B に、曲線の記号を記入せよ。

問 3 このフラスコ内を 1 つの生態系とした場合、純生産量にあたるものを、次の (1) ~ (4) から 1 つ選び、番号で答えよ。

- (1) クロレラとシアノバクテリアが合成する有機物の総量に、この生態系の全生物の呼吸量を加えたもの。
- (2) クロレラとシアノバクテリアが合成する有機物の総量に、クロレラとシアノバクテリアの呼吸量を加えたもの。
- (3) クロレラとシアノバクテリアが合成する有機物の総量から、この生態系の全生物の呼吸量を除いたもの。
- (4) クロレラとシアノバクテリアが合成する有機物の総量から、クロレラとシアノバクテリアの呼吸量を除いたもの。

問 4 実験結果から、ガラスフラスコ内の 5 種類の生物の中で、捕食者—被食者の関係にあると考えられる組み合わせを、次の (1) ~ (4) から 1 つ選び、番号で答えよ。

	捕食者	被食者
(1)	ワムシ	シアノバクテリア
(2)	クロレラ	細菌
(3)	ワムシ	クロレラ
(4)	細菌	繊毛虫

問 5 培養液中の無機塩類および溶存酸素の量は、どのように変化すると考えられるか。次の(1)～(4)から正しいものをそれぞれ1つ選び、無機塩類については解答欄 A に、溶存酸素については解答欄 B に、番号で答えよ。

- (1) 培養開始後に増加したのち、そのままほぼ一定となる。
- (2) 培養開始後に減少したのち、そのままほぼ一定となる。
- (3) 培養開始後に一時増加するが、その後減少してそのままほぼ一定となる。
- (4) 培養開始後に一時減少するが、その後増加してそのままほぼ一定となる。

問 6 図 1 の 40 日目以降に、生物が分解や排出をしにくい DDT のような化学物質をわずかに加えて培養を続けた場合、その化学物質は、ガラスフラスコ内の 5 種類の生物のうち、どの生物に最も濃縮されると考えられるか。