

## 生 物

I. 次の文章を読み、下の各問に答えよ。(解答番号  ~ )

真核生物において、核内 DNA は [ a ] というタンパク質の分子と結合して存在している。さかんに細胞分裂を行っている組織を光学顕微鏡で観察すると、間期の細胞のほかに細胞分裂中である分裂期の細胞が観察される。分裂期はさらに、前期、中期、後期、終期に細分される。

問1. 文中の空所 [ a ] を補うのに適切な語を選べ。

(ア) オーキシン (イ) テロメア (ウ) ヒスチジン (エ) ヒストン (オ) プロリン

問2. 真核細胞の細胞分裂について、正しいものをすべて選べ。

- (ア) 前期の核では、DNA の複製が行われる。
- (イ) 前期の核では、核膜孔が光学顕微鏡で観察される。
- (ウ) 中期には核膜は消失し、強く凝縮した染色体が細胞の赤道面に並ぶ。
- (エ) 植物細胞では紡錘体は終期に消失する。
- (オ) 動物細胞では細胞板によって細胞質が2つに仕切られることにより細胞質が分裂する。

II. 次の文章を読み、下の問に答えよ。(解答番号 )

ヒトやマウスなどの動物の精巣の内部には精細管という細く長い管がつまっており、その管で精子が作られる。精子のもとになる精原細胞という細胞がある。精原細胞は数回の体細胞分裂の後に一次精母細胞になると減数分裂をおこなう。減数分裂では、第一分裂と第二分裂が立て続けに起きる。飼育下の成熟雄マウスの精巣内では、季節を問わずに精子が作られており、これら3種の細胞分裂をいつでも観察することができる。

なお、マウスの細胞では性染色体のY染色体はX染色体よりも小さくDNA量も少ないが、本問においては性染色体は常染色体と同様のふるまいをし、かつ、X染色体とY染色体の大きさやDNA量に差はないものとして考えよ。また、ミトコンドリアなどに含まれる核外DNAは無視せよ。

問. 細胞の染色体数やDNA量について正しくないものをすべて選べ。ただし、染色体数は、光学顕微鏡で観察してひとかたまりになっているものを1個と数えるものとする。

- (ア) 体細胞分裂中期の細胞のDNA量は精子の4倍である。
- (イ) 体細胞分裂中期と減数分裂第一分裂中期では細胞のDNA量は同じである。
- (ウ) 減数分裂第一分裂中期には、同型同大の染色体が2個ずつ観察される。
- (エ) 減数分裂第一分裂中期と減数分裂第二分裂中期では染色体数は同じである。
- (オ) 1個の一次精母細胞から4個の精子ができるため、減数分裂直前の一次精母細胞1個のDNA量は精子の4倍である。

Ⅲ. 次の文章を読み、下の各問に答えよ。(解答番号  ~ )

種子植物の一種を用いて遺伝の実験を行うにあたり、あらかじめ結果を予測することにした。この実験において、遺伝子型によって発芽率や結実に差はないものとする。実験にはじゅうぶんな数の個体を用いるものとする。

観察対象とするのは種子の形質のうちの3つであり、形質 A、形質 B、形質 C とする。形質 A、B は胚の形質であり、形質 C は種皮の形質である。これら形質は、それぞれ対立遺伝子 A と a、B と b、C と c によって決まる（ここでは遺伝子を表す記号は、大文字は優性遺伝子、小文字は劣性遺伝子であることを示す）。これら遺伝子の遺伝子座は別々の染色体上にあり、独立して遺伝する。また、形質 A、B、C の優性形質をそれぞれ [A]、[B]、[C] で表し、劣性形質をそれぞれ [a]、[b]、[c] で表す。なお、この植物は自家受粉をしない。

実験 1 形質 A と形質 B について、両方の遺伝子型が優性ホモ (AABB) である個体と両方の遺伝子型が劣性ホモ (aabb) である個体を交配して種子 X1 を得る。次に、種子 X1 から育った個体同士を交配して種子 X2 を得る。多くの種子 X2 の中から形質が [A][b] のものだけをたくさん集めて発芽させ、互いに自由に交配させて種子 X3 を得る。

実験 2 形質 A と形質 B について、多くの種子 X3 の中から形質が [A][b] のものだけをたくさん集めて発芽させ、互いに自由に交配させて種子 X4 を得る。

実験 3 形質 A と形質 C について、両方の遺伝子型が優性ホモ (AACC) の個体の花粉を劣性ホモ (aacc) の個体のめしべに受粉させて、種子 Y1 を得る。

実験 4 形質 A と形質 C について、種子 Y1 から育った個体同士を交配して、種子 Y2 を得る。

問 1. 実験 1 について、種子 X3 の形質とその分離比はどうなると予想されるか、正しいものを 1 つ選べ。

- (ア) [A][b] : [a][b] = 1 : 1    (イ) [A][b] : [a][b] = 2 : 1    (ウ) [A][b] : [a][b] = 3 : 1  
 (エ) [A][b] : [a][b] = 4 : 1    (オ) [A][b] : [a][b] = 6 : 1    (カ) [A][b] : [a][b] = 8 : 1

問 2. 実験 2 について、種子 X4 において形質が [A][b] のものの割合はどのようになると予想されるか、正しいものを 1 つ選べ。

- (ア) 約 50%            (イ) 約 67%            (ウ) 約 75%            (エ) 76%以上 90%未満  
 (オ) 90%以上 95%未満    (カ) 95%以上

問3. 実験2と同様に、得られた種子の中から[A][b]のものだけたくさん集め、育った個体を自由に交配させることを繰り返して得られるある世代の種子から育った数多くの個体にできる配偶子の遺伝子型とその比率を

$$Ab : ab = p : 1$$

とする。この配偶子からできる種子の形質とその分離比として正しいものを1つ選べ。 6

- (ア) [A][b] : [a][b] = 1 : 1
- (イ) [A][b] : [a][b] = p : 1
- (ウ) [A][b] : [a][b] = p<sup>2</sup> : 1
- (エ) [A][b] : [a][b] = p<sup>2</sup> : 2p + 1
- (オ) [A][b] : [a][b] = p<sup>2</sup> + 2p : 1
- (カ) [A][b] : [a][b] = p<sup>2</sup> + 1 : 2p
- (キ) [A][b] : [a][b] = p<sup>2</sup> + 2p + 1 : 1

問4. 実験3について、種子Y1では形質はどのように現れると予想されるか、正しいものを1つ選べ。

7

- (ア) [A][C]      (イ) [A][c]      (ウ) [a][C]      (エ) [a][c]

問5. 実験4について、種子Y2の形質とその分離比はどうなると予想されるか、正しいものを1つ選べ。

8

- (ア) [A][C] : [A][c] : [a][C] : [a][c] = 9 : 3 : 3 : 1
- (イ) [A][C] : [A][c] : [a][C] : [a][c] = 3 : 1 : 0 : 0
- (ウ) [A][C] : [A][c] : [a][C] : [a][c] = 3 : 0 : 1 : 0
- (エ) [A][C] : [A][c] : [a][C] : [a][c] = 0 : 3 : 0 : 1
- (オ) [A][C] : [A][c] : [a][C] : [a][c] = 0 : 0 : 3 : 1
- (カ) [A][C] : [A][c] : [a][C] : [a][c] = 1 : 0 : 1 : 0
- (キ) [A][C] : [A][c] : [a][C] : [a][c] = 0 : 1 : 0 : 1
- (ク) [A][C] : [A][c] : [a][C] : [a][c] = 1 : 0 : 0 : 0
- (ケ) [A][C] : [A][c] : [a][C] : [a][c] = 0 : 1 : 0 : 0
- (コ) [A][C] : [A][c] : [a][C] : [a][c] = 0 : 0 : 1 : 0

IV. 次の文章を読み、下の問に答えよ。(解答番号  ～ )

ヒトの ABO 式血液型は、赤血球表面の A 抗原と B 抗原の有無、およびそれらに対する血しょう中の抗体 (抗 A 抗体と抗 B 抗体) の有無によってきまる。抗 A 抗体は A 抗原と反応して赤血球を凝集させるが B 抗原とは反応しない。抗 B 抗体は B 抗原と反応して赤血球を凝集させるが A 抗原とは反応しない。血液に含まれる抗原は、A 型血液では A 抗原のみ、B 型血液では B 抗原のみ、AB 型血液では A 抗原と B 抗原の両方が含まれ、O 型血液ではどちらの抗原も含まれない。また、血液中にはその血液がもつ抗原のタイプと反応する抗体はなく、反応しない方の抗体が必ず含まれる。

問. ABO 式血液型が A 型であるヒトの血液から、赤血球と血清を分離した (以下、これをそれぞれ A 型赤血球、A 型血清とよぶ)。血液型が不明である血液 X～Z から分離した赤血球と血清に、A 型赤血球や A 型血清を混合したとき下のような結果が得られた。血液 X～Z の血液型は、それぞれどのように判定されるか。(1)～(3) のそれぞれについて、次の (ア)～(エ) のうち当てはまるものをすべて選べ。

(ア) A 型 (イ) B 型 (ウ) AB 型 (エ) O 型

(1) 血液 X の赤血球と A 型血清を混合したとき赤血球が凝集した。血液 X の血清と A 型赤血球を混合したとき赤血球が凝集した。

(2) 血液 Y の赤血球と A 型血清を混合したとき赤血球が凝集した。血液 Y の血清と A 型赤血球を混合したとき変化は見られなかった。

(3) 血液 Z の赤血球と A 型血清を混合したとき変化は見られなかった。血液 Z の血清と A 型赤血球を混合したとき変化は見られなかった。

V. 次の文章を読み、下の各問に答えよ。

脊椎動物の個体発生の過程で、心臓は「ア」胚葉から、肝臓は「イ」胚葉から生じる。ヒトの成体は2心房2心室の心臓をもつが、胎児期に心臓が形成され始めたときは、サメやコイの心臓と同じ「ウ」心房「エ」心室である。進化の過程で最初に陸上生活を始めた脊椎動物である「オ」類において、血液の循環に「カ」循環と「キ」循環の2つが生じた。

肝臓の細胞は、いろいろなタンパク質を合成しており、その中には血しょう中に放出されるタンパク質も含まれる。哺乳類の血しょう中に存在するタンパク質の例として、アルブミン、フィブリノーゲン、プロトロンビン、免疫グロブリンがあるが、このうち、「ク」は、肝臓の細胞ではなく、「ケ」が産生したものである。肝臓に入る血管には、肝臓へ酸素を供給する「コ」と、消化管あるいは脾臓を経た血管が合流して肝臓に入る「サ」の2種類がある。

脳下垂体前葉が分泌する生殖腺刺激ホルモン（ろ胞刺激ホルモンや黄体形成ホルモン）が、卵巣からのろ胞ホルモンや黄体ホルモンの分泌を促進する。血液中のろ胞ホルモンや黄体ホルモンの量が少ないと、生殖腺刺激ホルモンの分泌が増加し卵巣を刺激する。この刺激を受けると卵巣からろ胞ホルモンや黄体ホルモンがさかんに分泌されるようになる。卵巣のホルモン分泌が高められた状態が持続すると卵巣は肥大する。ろ胞ホルモンが黄体ホルモンとともにじゅうぶん血液中にあるとき、脳下垂体前葉からの生殖腺刺激ホルモンの分泌は低下する。

卵巣から分泌されたろ胞ホルモンや黄体ホルモンは、血流によって全身をめぐる後、肝臓で代謝されて別の物質になる。また、脾臓で古い赤血球が壊される時、ヘモグロビンが分解されビリルビンが生じる。ビリルビンは「サ」を通過してただちに肝臓へ送られ、「シ」の成分となり十二指腸へ排出される。

問1. 文章中の空所ア～シに入る適切な語を答えよ。

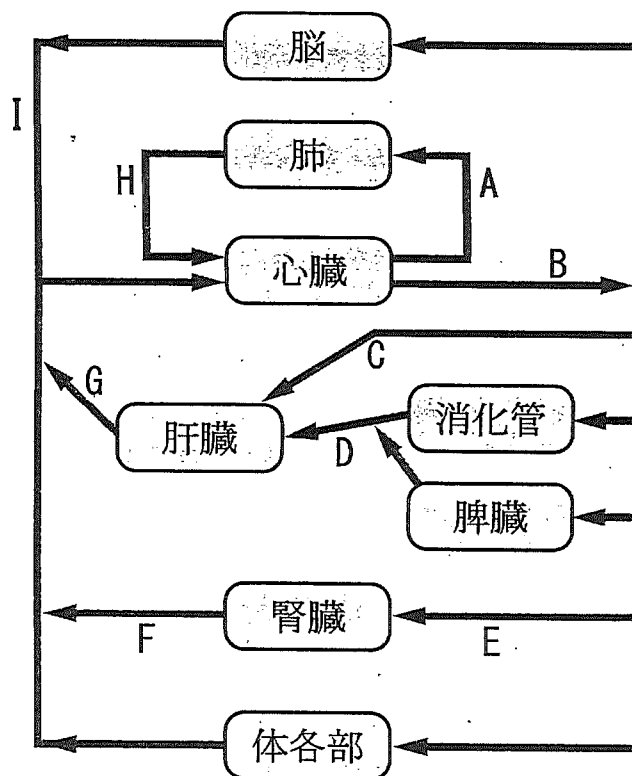
問2. 哺乳類の心臓が、下のaまたはbの動きをするとき、血液はどのように流れるか。a、bのそれぞれに対し、下のア～シから適切なものをすべて選んで記号で答えよ。

- a 左右の心房が弛緩。
- b 左右の心室が収縮。

- ア) 肺静脈から右心房に静脈血が流入する。
- イ) 肺静脈から左心房に静脈血が流入する。
- ウ) 大静脈から右心房に静脈血が流入する。
- エ) 大静脈から左心房に静脈血が流入する。
- オ) 左心室から左心房に静脈血が流入する。
- カ) 右心室から右心房に静脈血が流入する。
- キ) 左心室から左心房に動脈血が流入する。
- ク) 右心室から右心房に動脈血が流入する。
- ケ) 左心室から肺動脈へ静脈血が流出する。
- コ) 左心室から大動脈へ動脈血が流出する。
- サ) 右心室から肺動脈へ静脈血が流出する。
- シ) 右心室から肺動脈へ動脈血が流出する。

問3. 右の図は、哺乳類の血液の循環を表している。  
次のa～dは図中のA～Iのどの箇所か、記号で答えよ。

- a 血液中に酸素がもっとも多く含まれる箇所。
- b 血液中の尿素の濃度がもっとも高い箇所。
- c 血液中の尿素の濃度がもっとも低い箇所。
- d 食事後、血液中のグルコース濃度がもっとも高い箇所。



問4. 文章中の下線部の調節機構を何とよぶか。

問5. ある哺乳類の雌は1対の卵巣を持ち、卵巣が分泌するろ胞ホルモンの血中濃度が4日の周期で変動する。すなわち、ろ胞ホルモン濃度が高くなる発情期が1日あり、その後ろ胞ホルモン濃度が低下する非発情期が3日続く。血液中のろ胞ホルモン濃度に応じて膺(ちつ)の上皮細胞や分泌物が変化する。したがって、膺上皮表面の細胞や分泌物を綿棒でこすりとって顕微鏡で観察すると、動物がその時発情期であるかが判断できる。

この動物を麻酔し腹部を開き、卵巣を両方とも切り出し、同じ個体の頸(けい)部の皮下に移植した。これを個体Iとする。別の個体では、卵巣を両方とも切り出し、同じ個体の消化器系以外のある臓器の内部に移植した。これを個体IIとする。手術後、個体Iと個体IIについて、4週間にわたって毎日膺上皮表面の細胞と分泌物を観察した。

個体Iでは4日ごとに発情期が現れていたが、個体IIでは発情期が現れず、ずっと非発情期のままであった。移植手術から4週間後、両方の個体について移植された卵巣のサイズを測定し移植手術時のものと比較したところ、個体Iでは変化が見られなかったが、個体IIでは肥大していた(下表)。個体IIでは、どの臓器内に卵巣を移植したと考えられるか、臓器名を答えよ。また、そのように考えられる理由も述べよ。

	発情期	移植された卵巣のサイズ
個体I	4日ごとに発情期	変化無し
個体II	発情期なし	肥大

VI. カエルの発生に関する次の文章を読み、下の各問に答えよ。

カエル胚では、先端を微細な針のようにした毛細管などを使って、胚の細胞に様々な物質を少量、細胞を殺すことなく注入することが出来る。蛍光色素は一定の波長の光（励起光）を当てるとそのエネルギーを吸収してより長波長の光（蛍光）を発する色素である。この蛍光色素を含むある物質（蛍光色素化合物）はカエル胚の細胞にとって無害であり、細胞に注入するとすぐに注入細胞の細胞質全体に均一に広がるが細胞の外に出ることはない。また、細胞分裂に伴って子孫細胞に平等に受け継がれ、分解などにより消失することも無い。さらに、この蛍光色素化合物を含むカエル胚の細胞の行動や運命に影響することなく、発生途中で短時間励起光を当てて蛍光を観察してもその後の発生に影響することはない。この蛍光色素化合物をいろいろな発生段階のカエル胚の細胞に注入してから発生を続けさせることで、その子孫細胞が個体のどの組織や器官に寄与するかを調べることが出来る。

問1. カエル胚の受精直後～発生初期に見られる細胞分裂の特徴について、下のアーキから当てはまるものをすべて選んでその記号で答えよ。

- ア) 体細胞分裂である。
- イ) 減数分裂である。
- ウ) 分裂後、各娘細胞は成長することなく次の分裂を行う。
- エ) 分裂後、各娘細胞は成長してもとの細胞の大きさに戻ってから次の分裂を行う。
- オ) 分裂後次の分裂を行うまでの時間が、一般の体細胞分裂と比較して非常に長い。
- カ) 分裂後次の分裂を行うまでの時間が、一般の体細胞分裂と同程度である。
- キ) 分裂後次の分裂を行うまでの時間が、一般の体細胞分裂と比較して非常に短い。

問2. 8細胞期のカエル胚の動物極側の割球にこの蛍光色素化合物を注入しすぐ蛍光を観察したところ、注入した割球全体が均一に光っていた。この注入胚を桑実胚まで発生させて調べたところ、動物極側の細胞群に蛍光が見られた。この細胞群から発する蛍光の単位面積当たりの強さは、注入後に観察した8細胞期の割球表面から発する蛍光の強さと比べるとどうであると思うか。下のアーウから適当なものを1つ選んでその記号で答えよ。励起光は、8細胞期割球であれ桑実胚動物極側細胞であれ、表層から同じ深さ（桑実胚細胞の大きさを越えることはない）にまでしか到達せずその範囲に含まれる蛍光色素化合物のみが蛍光を発するので、胚表面から発する蛍光の単位面積辺りの強さは細胞中の蛍光色素化合物の密度に比例すると考えられる。また、胚を構成する細胞全体を合わせた体積は、8細胞期胚と桑実胚で変わりはないとする。

- ア) 桑実胚の方が弱い
- イ) 桑実胚の方が強い
- ウ) 両者でほとんど同じである

問3. 20世紀前半ドイツの発生学者フォークトは、イモリ胞胚を使って、細胞1個でなく小領域の細胞群をニール青や中性赤などの色素で染色して発生させ染色された細胞群の挙動を追跡することにより、胚の各部が将来の個体のどの組織や器官になるかを明らかにした。このような、胚の各部が将来何になるかを示す図は何と呼ばれるか、答えよ。

問4. 下のアーウの文のうち、正しいと思うものに○を、誤りと思うものに×をつけよ。

ア) 胞胚期の初期と後期の胚でそれぞれ動物極側の1個の細胞に蛍光色素化合物を注入し、それぞれを同じ発生段階になるまで発生させた。それぞれで見られる子孫細胞の数を調べると、両者でほとんど同じであった。

イ) じゅうぶんに早い発生段階の胚の細胞1個に蛍光色素化合物を注入して発生させると、少なくとも二胚葉にわたって子孫細胞が見られることがある。

ウ) 胞胚期の動物極側のある細胞1個に蛍光色素化合物を注入して発生させたところ子孫細胞は神経管にだけ見られたので、蛍光色素化合物を注入した胞胚期の細胞はすでに神経組織になるよう決定されていると言える。



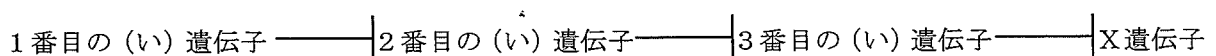
VII. 細胞の分化に関する下の各問に答えよ。

問1. 動物の発生過程では、細胞が増殖するとともに個々の細胞が様々な異なる働きをする細胞に分化していくが、これらの異なる種類に分化した細胞では、それぞれの働きに応じた異なる特定の遺伝子が働いている。これは細胞ごとに多くの遺伝子の中から特定の遺伝子を選んで働かせることによって起こり、発生過程で不要になった遺伝子を消失させたり、二度と働かないよう不活性化したために起こるのではない。すなわち、分化した細胞の核においても受精卵と同じ遺伝子組成を保ち続けていると一般には考えられている。このことを示す実験事実や観察として適当なものを下のア～オからすべて選んで、その記号で答えよ。

- ア) 動物の体の体細胞では、ほとんどの細胞で解糖系の酵素の遺伝子が発現している。
- イ) ヒトでは皮膚にすり傷を負っても、しばらくすれば傷は治ってしまう。
- ウ) 紫外線を照射して核の働きを失わせたカエルの未受精卵にカエル成体の体細胞の核を移植して発生させたところ、途中で発生が異常になった。
- エ) 塩酸でカルシウムを溶かし去り洗った後の細胞を含まない骨の小片を、ラットの皮下や筋肉内に移植すると、ラットの細胞から骨が形成されてくる。
- オ) 核を除去したウシの未受精卵に優良な成体肉牛の皮膚の細胞の核を移植し、これを培養して得た初期胚を他の雌ウシの子宮に移植して育てたところ、優良な肉牛が誕生した。

問2. 分化した形質をになう遺伝子の発現は、遺伝子と呼ばれる別の遺伝子の働きによって制御されている。この遺伝子から転写翻訳されてつくられるタンパク質は、分化形質をになう遺伝子の近くの特定のDNA領域に結合することでその分化形質をになう遺伝子の転写を制御する。(い)に当てはまる適切な用語を答えよ。

問3. ある動物のある部位の発色は遺伝子Xが発現しないことで起こるが、この遺伝子Xの発現は問2で記述したような(い)遺伝子3つで制御されている。この3つの(い)遺伝子は、1番目が2番目の(い)遺伝子の発現を抑制し、2番目は3番目の(い)遺伝子の発現を抑制し、最後に3番目の(い)遺伝子がX遺伝子の発現を抑制するという関係になっている。また、3つの(い)遺伝子は、どれも制御する相手の遺伝子の発現を抑制する。すなわち、1番目の(い)遺伝子が転写翻訳されて産物タンパク質がつけられるとこれは2番目の(い)遺伝子の発現を抑制し、もし2番目の(い)遺伝子が転写翻訳されて産物タンパク質がつけられるとこれは3番目の(い)遺伝子の発現を抑制し、さらに、もし3番目の(い)遺伝子が転写翻訳されて産物タンパク質がつけられるとこれはX遺伝子の発現を抑制し発色が起こる。1番目の(い)遺伝子が活性化し発現した場合、発色が起こるか答えよ。なお、これらの遺伝子はすべて、抑制されない場合は必ず活性化し発現するとして考えよ。



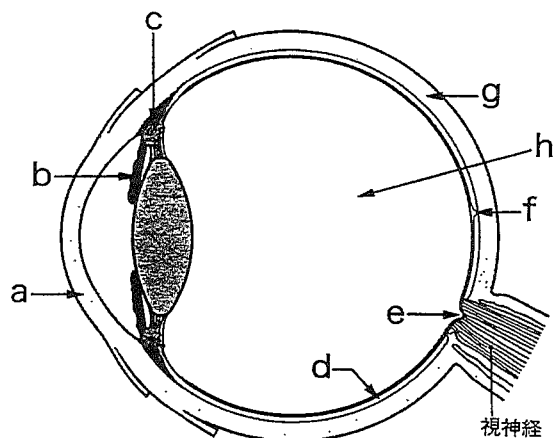
問4. 問3の3つの(い)遺伝子は、a遺伝子、b遺伝子、c遺伝子の3つである。これらの遺伝子の突然変異遺伝子からは機能する産物タンパク質が決して作られないが、この突然変異遺伝子を持つ動物個体を使って発色を調べたところ、次のような結果が得られた。

- a 遺伝子と b 遺伝子の両方の突然変異遺伝子をとともにホモに持つ個体：発色しない
- a 遺伝子と c 遺伝子の両方の突然変異遺伝子をとともにホモに持つ個体：発色する
- b 遺伝子と c 遺伝子の両方の突然変異遺伝子をとともにホモに持つ個体：発色しない

2番目の(い)遺伝子として正しいと考えられるのはどれか、下のアーカから1つ選んでその記号で答えよ。

- ア) a 遺伝子      イ) b 遺伝子      ウ) c 遺伝子      エ) a 遺伝子か b 遺伝子のどちらか
- オ) b 遺伝子か c 遺伝子のどちらか      カ) a 遺伝子か c 遺伝子のどちらか

VIII. 図はヒトの眼球の水平断面の模式図である。これに関する下の各問に答えよ。



問1. 網膜に達する光の量を調節するのは図のa-hのどれか選んで記号で答え、その名称も記せ。

問2. 水晶体の厚さを調節するのは図のa-hのどれか選んで記号で答え、その名称も記せ。

問3. 問2で解答した構造物は、近いものを良く見ようとする時には、収縮するか、弛緩するか、答えよ。