

理 科

9 : 00～11 : 00

解 答 上 の 注 意

1. 試験開始の合図があるまで、この問題紙を開いてはならない。
2. 問題紙は 39 ページある。このうち、「物理」は 2～7 ページ、「化学」は 8～19 ページ、「生物」は 20～31 ページ、「地学」は 32～39 ページである。
3. 「物理」、「化学」、「生物」、「地学」のうちから、あらかじめ届け出た 2 科目について解答せよ。各学部・系・群・専攻の必須科目(◎印)と選択科目(○印)は下表のとおりである。

学部・系・群・専攻 科目	理 学 部					医 学 部					歯 学 部	薬 学 部	工 学 部				農 学 部	獣 医 学 部	水 産 学 部	
	数学重点選抜群	物理重点選抜群	化学重点選抜群	生物重点選抜群	地学重点選抜群	医学系	保 健 学 系						応用理工系(注)	情報工系	ロボティクス系	機械知能工学系				環境社会工学系(注)
							看護学専攻	放射線技術専攻	検査学術専攻	理学療法専攻										
物理	○	◎	○	○	○	○	○	◎	○	○	○	◎	○	◎	○	○	○	○		
化学	○	○	◎	○	○	○	○	○	◎	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
生物	○	○	○	◎	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
地学	○	○	○	○	◎								○		○	○	○	○		

(注)：工学部(応用理工系、環境社会工学系)は、物理又は化学を含む 2 科目選択

4. 受験する科目のすべての解答用紙には、受験番号および座席番号(上下 2 箇所)を、監督員の指示に従って、指定された箇所に必ず記入せよ。
5. 解答はすべて解答用紙の指定された欄に記入せよ。
6. 必要以外のことを解答用紙に書いてはならない。
7. 問題紙の余白は下書きに使用してもさしつかえない。
8. 下書き用紙は回収しない。

生 物

解答はすべて各問題の指示にしたがって解答用紙の該当欄に記入せよ。

1 I および II の間に答えよ。

I 次の文章を読み、以下の間に答えよ。

動物やヒトは通常、好気(酸素)呼吸によって有機物を分解し生命活動に必要な ATP を生産している。しかしパン酵母などある種の微生物は酸素がなくても嫌気呼吸を行うことにより ATP を生産できる。いま以下のように二つの異なる条件である一定量のグルコースをあたえ、パン酵母の培養を行い生産物を調べた。

〈実験 1〉 新鮮な空気を十分あたえて培養したパン酵母の細胞内では、グルコース($C_6H_{12}O_6$) が好気呼吸によって二酸化炭素と水に完全分解されて ATP が生産された。

〈実験 2〉 空気をすべて窒素に置き換えた密閉容器内で培養したパン酵母ではグルコースは嫌気呼吸(アルコール発酵)で分解され、ATP 生産と共に二酸化炭素とエタノール(C_2H_5OH)が発生した。

問 1 実験 1、実験 2 それぞれにおいて呼吸商(RQ)の理論値はいくらになるか。それぞれ化学反応式をたててその値の根拠を示せ。ただし、いずれの場合もグルコースは全て ATP 生産に使われたと仮定する。

問 2 実験 2 において 180 g のグルコースから理論上何 g のエタノールが生産されることになるか。ただし、原子量はそれぞれ炭素 12、水素 1、酸素 16 とする。

問 3 同量の ATP を獲得するために実験 1 のパン酵母と実験 2 のパン酵母ではどちらがより多くのグルコースを消費することになるか、またそれは何倍量か。

問 4 実験 2 に比べて実験 1 のパン酵母の細胞内で顕著に発達する小器官名の名称を答えよ。

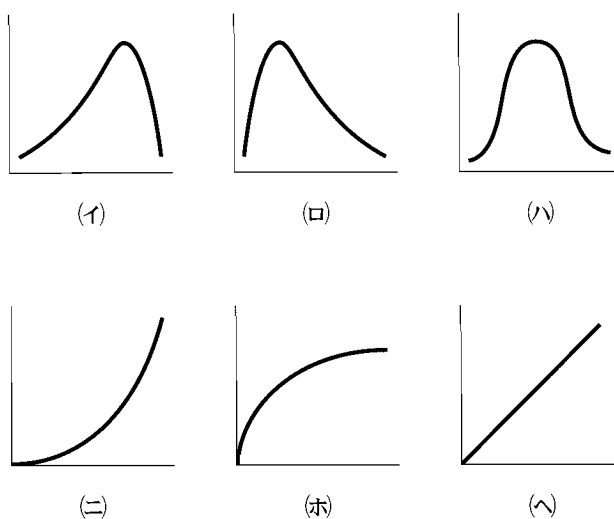
問 5 実験 1 において培養をさらに続けたところ、RQ 値の低下が観察された。このことから代謝経路にどのような変化が起こったと考えられるか 20 文字以内で説明せよ。

問 6 動物やヒトでも急激な運動などにより酸素の供給が追いつかないときに筋細胞で嫌気呼吸が起こる。この場合、エタノールではなく筋肉疲労の原因物質の一つと考えられる化合物が一時的に蓄積する。この化合物の名称を答えよ。

II 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

生体内におけるエネルギー生産や物質代謝などの基本的な生命活動は酵素反応(生体触媒反応)によって進行する。酵素反応は比較のおだやかな条件のもとで円滑に進行する点において無機触媒反応とは異なる。

問 1 ある酵素反応を(1)温度、(2)pH、(3)基質量を変えて行った。一方、(4)では無機触媒反応を温度を変えて行った。(1)~(4)の実験結果について、それぞれの条件の変化を横軸、反応速度を縦軸にとってグラフを作成した場合、その概観でもっとも適当なものを下図のなかから記号で選べ。ただし、横軸、縦軸とも交点から離れるほど大きいあるいは高い値を示す。またそれぞれに示した条件以外は一定とする。



- 問 2 いま、ある酵素反応を行った場合その酵素量を 2 倍に増やしても反応速度が 2 倍に達しなかった。この原因として考えられる理由を 10 文字程度で述べよ。ただし温度、pH および阻害剤や補酵素の影響はないものとする。
- 問 3 刻々と変化する細胞内の状況に応じて生物は糖やアミノ酸の代謝経路など一連の酵素反応をすみやかに調節することができる。このとき一連の酵素反応の最終代謝産物はその量に応じて、初期の段階で作用する酵素の働きを調節するしくみを何と呼ぶか。

2

I～IIIの間に答えよ。

I 次の文章を読み、以下の間に答えよ。

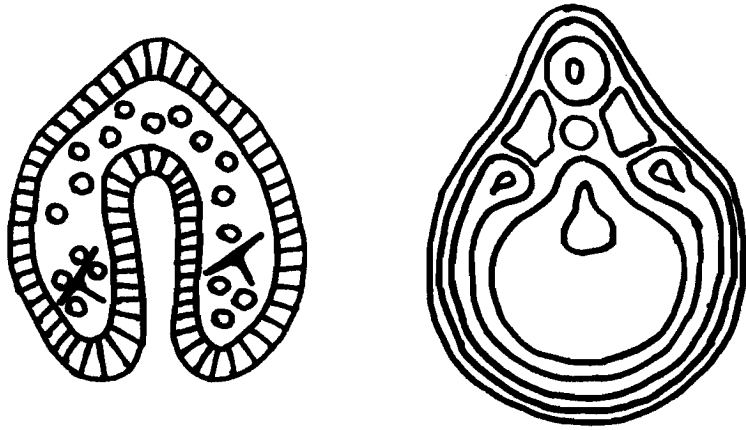
ウニやカエルなどの生殖においては、オスの作る精子とメスの作る卵という が という細胞融合を機に発生を開始する。卵と精子が融合した受精卵は、特有の細胞分裂である を繰り返して細胞の数を増やしていく。 によって生じたそれぞれの細胞を という。 は、普通の細胞分裂と違って分裂後の成長という段階がないので、数が増えるとともに細胞の大きさはどんどん小さくなっていく。細胞数が増えて表面がでこぼこの木の実のようになった胚を と呼ぶ。胚はさらに細胞分裂を繰り返していくとともに胚全体の大きさが少し増加し、胚の内側に腔所を持つ となる。ウニの は、1層の細胞が作る中空のボールのような構造をしている。

までは、胚を構成する細胞は分裂した位置からそれほど移動しないが、そのあとに続く へと発生が進むと、胚の外側の細胞層が内側に向かって落ち込むような大規模な細胞の運動が起こる。その結果、それまで1層だった細胞層が内外2層になり、外胚葉と内胚葉が作られる。このとき内胚葉がつくる袋状の構造を ，外界に開いたその入り口を とよぶ。やがて内胚葉と外胚葉の間に第3の胚葉である中胚葉が作られる。

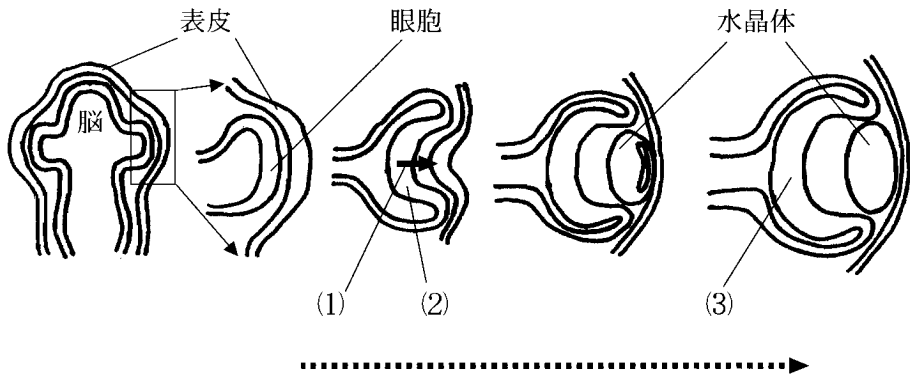
カエルやヒトなどの脊椎動物では、動物の種類を越えて三つそれぞれの胚葉から作られる組織や器官がほぼ決まっている。外胚葉から作られる代表的な組織は表皮(皮膚)と である。 はやがて消化管となって、動物の消化・吸収に働くようになる。中胚葉から作られる代表的な組織・器官は や である。このように、最初は一様な細胞だった各胚葉からそれぞれの働きを持った細胞が作られることを分化という。

問 1 文中の ～ に適切な語を入れよ。

問 2 次の模式図はウニとカエルの後期胚の横断面図である。それぞれの胚において中胚葉に属する細胞・組織を鉛筆で塗りつぶせ。



II 次の文章を読み、以下の問に答えよ。



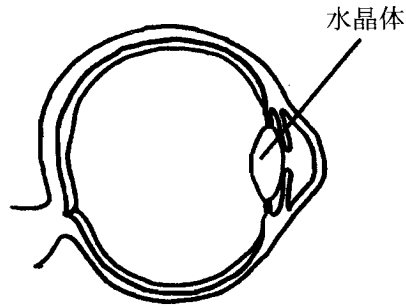
上の図はイモリ胚の頭部を水平断面にした模式図で、目の形成の様子を拡大して示している。

問 1 脳の一部が突出した構造(眼胞)が、表皮に働きかけて水晶体を形成させる。その働きかけをする時、眼胞は内側へ陥没したような形になる。この働きかけ(1)の名称を答えよ。

問 2 眼胞からできる構造(2)の名称を答えよ。

問 3 問 2 の構造自身から作られる組織(3)の名称を答えよ。

問 4 イモリでは、目の水晶体が完全に取り除かれても再生できるが、そのとき水晶体はこう彩の細胞から作られる。下の図はイモリの目とほとんど同じ構造をしているヒトの目の縦断面である。こう彩を矢印で示せ。



Ⅲ 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

ヒトを含む哺乳類の生殖工学的技術は日進月歩で発展している。哺乳類の初期胚(胚盤胞)から将来のからだのもとになる内部細胞塊と呼ばれる部分の細胞を取り出し培養すると、ES細胞(胚から取ったX細胞)と呼ばれる細胞として増やすことができる。X細胞というのは、いろいろな細胞になる元になる細胞という意味である。培養液の組成を変えることで、ES細胞から神経細胞、心臓や骨格の筋肉細胞、血管や血液細胞をはじめ、骨や皮膚の細胞までも作ることができる。この細胞はもともと動物のからだ全体を作るもとになる細胞なので、この実験結果はそれほど驚くべきことではないかもしれないが、培養液の中でいくらかでも増えてどんなものにもなれるこの細胞は将来の医療を根本的に変えるほどの可能性を秘めている。

生殖工学的技術の発展の究極の姿の一つとして、クローンヒツジの誕生がある。受精卵の核は、卵と精子の核が融合してできるので母親と父親由来の2セットの遺伝子を持っている。生物のからだを構成するY細胞の核も遺伝子を2セット持っているので、受精卵の核とY細胞の核とを置き換えても正常に発生することが予想される。こうして作られる新しい個体は核を供与した個体とまったく同じ遺伝子セットを持っており、Y細胞クローンと呼ばれる。技術的な問題でなかなかできなかった哺乳類のY細胞クローンが、ついに1996

年に誕生した。乳腺細胞の核を使って作られた初のクローン哺乳類であるヒツジのドリーである。

Y細胞クローン技術とES細胞培養技術を組み合わせることで、今までは考えられなかった医療が実現するかもしれない。まず、患者の細胞から取り出した核を未受精卵^aに移植してできたY細胞クローン胚を作る。クローン胚の内部細胞塊から得られたES細胞を培養して自由に臓器を作ることができるようになると、それは常に移植可能^bなそれぞれの患者のオーダーメイド臓器ということになる。しかし、同じ技術を用いることでクローン人間の作製も可能になることに注意しなければならない。そのため現時点では、倫理面や法律面、安全性など社会的問題から、ヒトの細胞を用いた実験は法律によって規制されている国が多い。

問 1 X細胞とY細胞の名称を答えよ。

問 2 下線 a の未受精卵は核移植前にある処置をしておかなければならない、それはどのような処置か。簡潔に答えよ。

問 3 下線 b に示したように、なぜクローン臓器は常に移植可能なのか。簡潔に答えよ。

3

次の文章を読み、以下の問に答えよ。

真核生物は有性生殖という特別な遺伝のしくみを持ち、これは遺伝的に多様な子孫を作り出すという点で大きな役割を演じている。子孫に伝達される遺伝子は時として突然変異を起こし、集団にその変異が広がる際には、自然選択や遺伝的浮動の影響を受け、時間とともに遺伝子頻度は変動していく。変異のあるものは、自然集団で100%の頻度に達し、つまりは集団中に固定されるという経過をたどる。真核生物は突然変異や有性生殖により、効率的に進化を押し進め、今日みられるような地球上での繁栄を築き上げたのであろう。

問 1 メンデルはエンドウを用いて交配実験を行ない、分離の法則を発見した。さらに優性の法則や独立の法則も発見したが、これらの法則は例外も多いとされている。

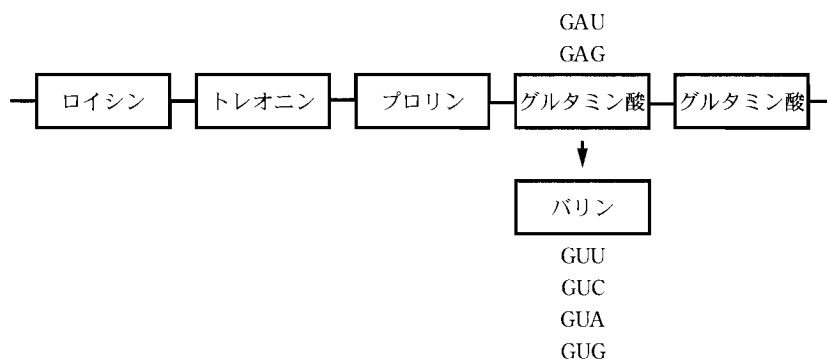
- (1) 分離の法則を簡潔に説明せよ。
- (2) 優性の法則が成り立たないと思われる場合を簡潔に記せ。
- (3) 独立の法則が成り立たないと思われる場合を簡潔に記せ。

問 2 ある植物種において、花の色と花の大きさを決める遺伝子 A, B は同一染色体上に位置する。色を決める対立遺伝子は赤(A)が白(a)に対して優性である。大きさを決める対立遺伝子は大きい花(B)が小さい花(b)に対して優性である。さて、(AAbb)および(aaBb)という遺伝子型を持つ個体を交配し、交雑第一世代個体を多数得た。さらに、これら交雑第一世代個体群から任意に選んだ多数の個体を、(aabb)という遺伝子型を持つ個体と交配し、交雑第二世代個体を得た。

- (1) 両遺伝子間の組換え価が 0 % のときの交雑第一世代個体の遺伝子型をすべて記せ。
- (2) 両遺伝子間の組換え価が 0 % のときの交雑第二世代の中で赤くて大きい花を持つ個体の占める割合を記せ(% , 小数点以下 1 桁)。
- (3) 両遺伝子間の組換え価が 10 % のときの交雑第二世代の中で赤くて大きい花を持つ個体の占める割合を記せ(% , 小数点以下 1 桁)。
- (4) 両遺伝子間の組換え価が 20 % のときの交雑第二世代の中で赤くて大きい花を持つ個体の占める割合を記せ(% , 小数点以下 1 桁)。

問 3 表現型の違いは遺伝子 DNA の違いに求めることができる場合が多い。

鎌状赤血球貧血症の場合は、ヘモグロビン遺伝子上の一つの突然変異が関係している。すなわち、遺伝子内に一つの塩基の変化が起こり、その結果、グルタミン酸からバリンへのアミノ酸の変化が引き起こされている。下図はヘモグロビンのアミノ酸配列の一部を示したもので、鎌状赤血球貧血症の場合のヘモグロビンのアミノ酸変化について付記したものである。この図には、突然変異部位に該当するアミノ酸に対し、伝令 RNA の暗号表から対応するコドンのすべてを記した。



- (1) 鎌状赤血球貧血症に関し、ヘモグロビン伝令 RNA 上に生じた塩基の変化を推察せよ(解答例：コドン1番目：U → G)。
- (2) 仮に、DNA 上でバリンを規定する三つの塩基対部位において塩基の置換が等頻度で起き、さらに塩基の置換の方向性(例えば A → G)においても出現頻度に差異がないとした場合、これら突然変異の何 % がアミノ酸の変化を伴うと考えられるか(小数点以下1桁)。ここでは、終止コドンへの変化もアミノ酸の変化とみなす。
- (3) 鎌状赤血球貧血症を起こす遺伝的変異はある特定の地域で自然選択によって集団中に広まったと考えられている。鎌状赤血球貧血症が、その地域で生存に有利であると思われる理由を簡潔に説明せよ。

4 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

ヒトの脳は、大脳・間脳・中脳・小脳・延髄から構成される。大脳には、感覚・運動の中枢や記憶・判断などの高度な神経活動の中枢がある。

神経系は脳と脊髄に集中している ^b (ア) 神経系と、受容器からの信号を受けたり効果器への命令を伝える (イ) 神経系に分類される。 (イ) 神経系はさらに運動や感覚に関係した (ウ) 神経系と、いろいろな器官や内臓に信号を伝える (エ) 神経系に分類される。

心臓と、それにつながるある神経をカエルから取り出し、この神経に電気刺激を加えると心臓の拍動は減少した(1921年レーウィの実験)。この神経は (エ) 神経系の一種である迷走神経で、その末端から 神経伝達物質である (オ) ^c が分泌されていた。

神経細胞間の接続部は (カ) と呼ばれる。接続部の隙間を (カ) ^d 間隙というが、その構造を理解するためにおよその大きさを考えてみよう。その間隙の距離は 5.0×10^{-8} m で、神経細胞の細胞体が球形であるとする、その直径は 1.0×10^{-5} m、ここに放出される神経伝達物質の直径は 3.0×10^{-10} m である。

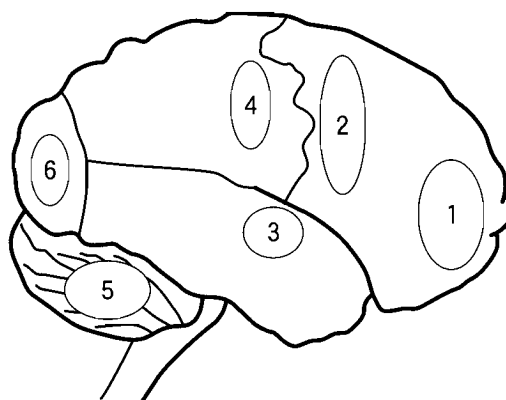
これら三つの大きさを比較するために、神経伝達物質の直径を 1.0×10^{-2} m に拡大してみよう。このとき間隙の大きさは (キ) m となり、細胞体の直径は (ク) m となる。このように軸索の末端から小さな神経伝達物質が放出され、細胞体に比較するとごくわずかである間隙を通過して次の神経細胞に興奮が伝わるのである。

外界の様子を脳に伝えるために重要な機能を果たしているのが、受容器から脳へ信号を伝える (イ) 神経系の感覚神経である。例えば、内耳には音を伝える 感覚細胞 とともにからだの動きや (ケ) ^e を伝える感覚細胞があり、それぞれ脳に信号を送っている。一方、目では 2種類の視細胞 ^f が光を受け、視神経に信号を伝えている。

問 1 ～ に適切な語句または数値を入れよ。ただし、数値は小数点以下 1 桁とする。

問 2 事故や病気で左大脳の一部が死滅すると右半身が麻痺し、動作ができなくなる場合がある。なぜ左ではなく右半身に影響が及ぶのかを下線部 a の語を使って 20 字以内で説明せよ。

問 3 下図はヒトの脳を右側から見たものである。下線部 b に述べられているような大脳の中核である聴覚野と視覚野に該当する領域の番号を記入せよ。



問 4 以外で、下線部 c に該当する物質名を一つあげよ。

問 5 化学物質によって信号が仲介される下線部 d では、興奮は一方方向にしか伝達されない。その理由を 40 字以内で説明せよ。

問 6 以下に外界の音の下線部 e を興奮させるまでの過程を示した。下の単語から適切な語句を選び ～ に記入せよ。また、この中から物理的な振動を神経の信号に変換する器官を選び、その名称を記入せよ。

音 → → → → 聴細胞
(うずまき管, 耳小骨, 半規管, 鼓膜)

問 7 下線部 f のうち、明暗の違いのみを感じる細胞(A)と色の違いを感じる細胞(B)の名称をそれぞれあげよ。