

## 生物（後期）

I 下記の文章を読み、設問に答えよ。

ヒトのからだを構成する細胞は、配偶子である卵と精子が<sub>1</sub>受精してできる受精卵が体細胞分裂を繰り返しながら増えたもので、やがて各細胞は<sub>2</sub>分化し、最終的に複雑な構造を持つ組織・器官がつくられる。受精卵は卵割をくり返しながらかん卵管の中を移動し、やがて子宮内に着床する。その後、三つの胚葉が分化し、器官形成が始まる。胚が成長して大きくなると、母体から供給される栄養素を効率良く運搬するために必要なものが、ポンプとしての<sub>3</sub>心臓である。ヒトの心臓は通常、ほぼ一定の<sub>4</sub>リズムで収縮・弛緩を繰り返す。

問1 下線部1の受精について、受精すると他の精子が卵に進入できないようにするしくみがある。これはウニでよく調べられているが、ウニにおけるこのしくみを2つあげよ。

問2 下線部2の分化について、

- (A) 分化した体細胞に4種類の遺伝子を導入して未分化の状態に戻した細胞を何というか。
- (B) 胚盤胞に含まれる内部細胞塊を取り出し、多能性を維持したまま培養した細胞を何というか。

問3 下線部3の心臓について、

- (A) 三つの胚葉のうち、心臓が由来するのはどれか。
- (B) ヒトの心臓は、左右の2つの心房と2つの心室からなる。次は、末梢から戻ってきた血液が通る順番である。(ア)～(エ)を答えよ。

大静脈→(ア)→(イ)→肺動脈→肺→肺静脈→(ウ)→(エ)→大動脈

問4 下線部4について、運動による心臓の拍動数(心拍数)の変化を調べるため、踏み台を用意して、1分間に30回昇降できるペースで、3分間の踏み台昇降運動を行い、運動前後での心拍数を測定した(図)。

- (A) 心臓の拍動リズムを決めている自動的に興奮している部分の名称を答え、そのおおよその場所を解答欄の図に○で示せ。
- (B) 運動前から運動直後にかけて心拍数が増加する機構を、「運動」「血中のCO<sub>2</sub>」という語句を用いて説明せよ。ただし、血中のCO<sub>2</sub>濃度変化を感知する脳の部位の名称を明記すること。

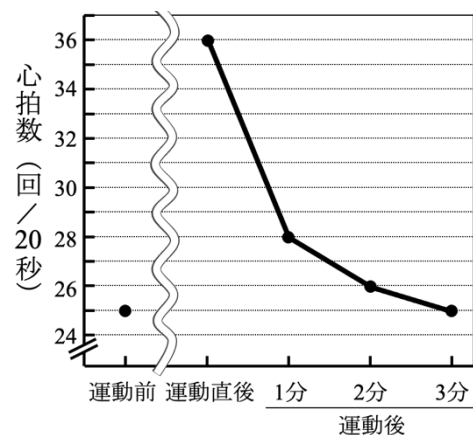


図 運動による心拍数の変化

(C) 運動直後では、運動前に比べて1分間の心拍出量(1回の拍動によって心臓から送り出される血液量)は最大何L増えたか(有効数字2桁)。1回の心拍出量を70mLとする。

(D) 図を参照し、運動直後から運動後3分までに働く自律神経系の名称を答えよ。

(E) 運動によって体温も変化する。体温の調節に関する次の文章の空欄(あ)～(え)に適切な語句を入れよ。

体温が下がったときは、自律神経系のうちの(あ)神経の働きによって心拍数は(い)する。(あ)神経は、さらに副腎髄質にも働きかけて、ホルモンである(う)を分泌させ、心拍数を(い)させる。体温の変化を感知する脳の部位は(え)である。

生 物（後期）

II 下記の文章を読み、設問に答えよ。

生物の進化してきた道すじを系統といい、多様な生物を共通性や相違点に基づいてグループ分けすることを分類という。1 分類の基本となる単位は種である。多様な生物は、類縁関係の近い生物の集まりから順に、種・（あ）・（い）・（う）・綱・（え）・（お）とよばれる単位に、階層的に分類される。また、ウーズらは<sub>2</sub>rRNA 遺伝子の塩基配列をもとに<sub>3</sub>分子系統樹を描き、（お）の上位に（か）をおき、生物を細菌、アーキア、真核生物の3つのグループに大別した。

問1 （あ）～（か）の空欄に適切な語句を入れよ。

問2 DNAの塩基配列やタンパク質のアミノ酸配

列が世代を経るに従って変化することを分子進化という。分子進化は全てのアミノ酸で一律に起こっているわけではない。例えばヒト、カエル、サメのヘモグロビンは、図1のようにア

ヒ ト…A Q V K G **H** G K K V A … A L S D L **H** A H K L R …  
 カエル…K Q I S A **H** G K K V V … K L S D L **H** A Y D L R …  
 サ メ…P S I K A **H** G A K V V … K L A T F **H** G S E L K …

図1 ヘモグロビンのアミノ酸配列の違い  
A, Q, Hなどのアルファベットはアミノ酸の種類を示す。

ミノ酸配列に違いがある。なお、図1の矢じりが示す2カ所のH（ヒスチジン）は、ヘム結合部位である。

- 1) 一般に、アミノ酸配列が変化している部分はタンパク質のどのような部分か。
- 2) 1)で答えた部分に変化しやすい理由を「突然変異」「塩基配列」「自然選択」の語句を用いて説明せよ。

問3 下線部1について、種は学名によって表される。学名は、*Homo sapiens*のように2単語からなる。

- 1) 2単語を並べて種を表記する方法を何というか。
- 2) 学名の2番目の、種を特定する単語（*Homo sapiens*の場合、*sapiens*に相当する）を何というか。

問4 下線部2について、rRNA 遺伝子が分子系統樹を描くのに適する理由を1つ述べよ。

問5 下線部3について、生物群（種X, a, b, c）のある遺伝子には、5カ所の塩基の違いが見られた。それを表1に示す。種Xが最も早く枝分かれした種であるとする、図2の系統樹が描ける。図2の□の部分で塩基置換が起こったとする。

- 1) 図2の系統樹について、それぞれの枝では表1の塩基①～⑤のうち、どの塩基が置換したか、解答欄の系統樹の空欄（□）に番号を書き込め。ただし、全ての塩基の置換は1回の突然変異によって説明されるものとする。なお、※で示す2つの□は順序を問わない。
- 2) 形態形質に基づいて作成した系統樹は、分子系統樹に比べると、生物の系統が正確に反映されない場合がある。これは、同じような環境で同じような自然選択が起こった結果、系統の異なる生物が似た形態形質を持つようになる現象がみられるためである。この現象を何というか。

表1 種X, a, b, cのDNAの塩基配列の比較

種	塩基①	塩基②	塩基③	塩基④	塩基⑤
種X	T	G	G	C	A
種a	A	G	C	C	C
種b	A	G	C	C	A
種c	T	A	C	T	A

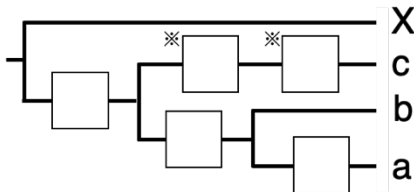


図2 系統樹

Ⅲ 下記の文章を読み、設問に答えよ。

細胞内でのタンパク質の分解の方法には大きく分けて2通りの過程が知られている。1つは、1不要なタンパク質が、膜（隔離膜）に取り込まれ、それがリソソームと融合し、分解される過程である。もう1つは、プロテアソームという巨大なタンパク質分解装置によって分解される過程である。プロテアソームに分解されるタンパク質には、目印となるユビキチン（Ub）というタンパク質が付加されている。どちらの過程でも、タンパク質は2アミノ酸にまで分解されて、新たな3代謝に利用される。

プロテアソームによって分解されるタンパク質には様々なものがあり、転写調節因子である HIF1 $\alpha$  もその1つである。HIF1 $\alpha$  は通常、合成された後すぐに分解されている。分解される際には、まずプロリン水酸化酵素（PDH）によって HIF1 $\alpha$  にヒドロキシ基（-OH）が付加される。この反応には酸素が必要である。次に、付加されたヒドロキシ基（-OH）をあるタンパク質が認識して HIF1 $\alpha$  に Ub を付加し、その結果、HIF1 $\alpha$  は分解される。一方、細胞への酸素供給が滞り、4細胞が低酸素状態に陥ると HIF1 $\alpha$  は分解されない。

ヒトのからだを構成する細胞には、通常、十分酸素が供給され、5細胞は酸素を用いてエネルギー産生をおこなっているが、虚血によって細胞への酸素供給が滞った場合、HIF1 $\alpha$  は血管の新生や赤血球産生などの低酸素応答に関わる遺伝子発現を速やかに促し、深刻な細胞機能障害を回避する細胞応答を直ちに開始する。

問1 下線部1の過程の名称を答えよ。

問2 下線部2について、アミノ酸のうち、硫黄原子を含むものの名称を2つあげよ。

問3 下線部3について、次の文章の（あ）～（か）の空欄に適切な語句を入れよ。

代謝のうち、複雑な物質を分解して細胞活動に使うためのエネルギーを取り出すことを（あ）といい、逆に簡単な化合物からより複雑な物質を合成することを（い）という。代謝において、糖と脂肪酸は、それぞれ分解されて（う）回路に入り、最終的に（え）と（お）になる。タンパク質の場合は加水分解されてアミノ酸となった後、（か）を遊離して有機酸となり、同様に分解される。

問4 下線部4について、虚血が起こると HIF1 $\alpha$  は分解されず速やかに働く。このとき、HIF1 $\alpha$  はなぜ分解されないか、PDHの性質に言及しつつ簡潔に答えよ。

問5 下線部5について、ヒトの細胞で、酸素を用いてエネルギー産生をおこなう細胞小器官の名称を答えよ。

また植物は細胞外から得たエネルギーを細胞活動に使うエネルギーに変換できるが、何から得たエネルギーを使用するか答えよ。

問6 増殖し続けるがん細胞は、低酸素状態になりやすく、HIF1 $\alpha$  による低酸素応答が起こりやすい。がん細胞が低酸素状態になりやすいのはなぜか。次の語句を全て用いて簡潔に答えよ。

<増殖・がん細胞・酸素・エネルギー産生>

## 生物（後期）

IV 下記の文章を読み、設問に答えよ。

[1] ある一定の地域に生息する同種の個体の集まりを個体群という。また、ある一定の地域に生息する複数の個体群の集まりを（ 1 ）という。個体群を構成する種内では、個体間で相互作用がみられ、特に餌や空間などの資源をめぐる相互作用を（ 2 ）という。（ 2 ）は、個体群を構成する個体の分布に影響を与える。個体間の（ 2 ）が激しい場合、その種は（ 3 ）分布をする傾向がある。一方、ある個体の存在が他個体の位置に影響しない場合、その種は（ 4 ）分布となる。

個体群の大きさを単位空間あたりの個体数で示したものを個体群密度という。個体群密度が上昇すると、資源をめぐる（ 2 ）が激しくなり、出生率の低下や（ 5 ）の上昇が起こる。このような効果を（ 6 ）といい、ある環境で存在できる最大の個体数を（ 7 ）という。一方、もとの個体群密度が低い場合、個体群密度の増加に伴って増殖率が高まる現象も知られており、これは（ 8 ）と呼ばれる。

植物でも（ 6 ）が見られる。例えば、ダイズをいろいろな個体群密度で栽培すると、個体群密度が高いほど、個々の植物体の重さは（ 9 ）。しかし個体群全体の重さは個体群密度が異なってもほぼ一定の値を示す。これを（ 10 ）の法則という。

問1 （ 1 ）～（ 10 ）の空欄に適切な語句を入れよ。

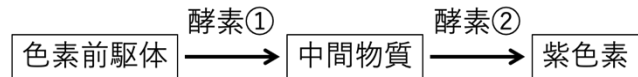
問2 個体群密度を推定する方法の一つに標識再捕法がある。ある池に生息するメダカを100匹捕獲し、標識をつけてその場に放流した。3日後の同じ時間に、同じ池で150匹のメダカを捕獲したところ、10匹に標識が認められた。以下の問いに答えよ。なお、いずれも有効数字2桁で答え、単位も記すこと。

(1) この池のメダカの全個体数を推定せよ。ただし、捕食などによる個体数の減少、また池の外部からの個体の移入、移出は無視できる。

(2) この池におけるメダカの個体群密度を求めよ。ただし、池の面積は $400\text{ m}^2$ である。

問3 下線部のような現象が生じる原因を2つあげよ。

[2] ある植物の花の紫色素の合成に関わる酵素①、酵素②を指定する遺伝子はそれぞれ別の染色体上に存在する。紫色素の合成は下図のように行われており、紫色素ができない場合、花色は白色になる。



酵素①の遺伝子座にはAとBというアレル（対立遺伝子）があり、酵素②の遺伝子座にはCとDというアレルがある。遺伝子型AACCの植物の花色は紫色で、遺伝子型AADD, BBCC, およびBBDDの植物の花色はいずれも白色である。これらのうち、遺伝子型AADDの植物では、酵素（ 11 ）が働かず、BBCCの植物では酵素（ 12 ）が働かないため、紫色素ができず花色が白色になる。遺伝子型AADDとBBCCの植物を交配し、F<sub>1</sub>世代を得たところ、遺伝子型は（ 13 ）で、花色は紫色だった。F<sub>1</sub>世代を自家受粉させて得られたF<sub>2</sub>世代の花色の分離比は、紫色：白色 = （ 14 ）となる。

問4 （ 11 ）～（ 14 ）の空欄を埋めよ。なお、（ 11 ）、（ 12 ）には、①か②を入れよ。