

生 物 (その1)

第1問 ヒトの体液と血圧の調節に関する次の文を読み、以下の各問いに答えよ。

体の水分は、主に食べ物や飲み物によって供給され、尿や汗、呼気などにより失われる。体の水分量が減少すると、体液の塩類濃度が上昇することに加えて、血液の総量が減るために血圧が低下する。体の水分量・塩類濃度・血圧を一定に維持するために、体はホルモンや自律神経による調節機構をはたらかせている。この中で (1) 腎臓は水分量や各種物質の濃度を調節しており、ホメオスタシスを維持する上で重要な器官である。

ホルモンによる調節としては、バソプレシンと鉱質コルチコイドによる調節をあげることができる。(2) 体液の塩類濃度の上昇を感知すると、バソプレシンの分泌が促進される。バソプレシンは腎臓に作用して水の再吸収を促進させる。その結果、尿量が減少し、水分の喪失を防ぐ。また、腎臓には血圧を感知する機構があり、血圧が低下すると腎臓からあるホルモンが分泌され、その結果、(3) 鉱質コルチコイドの分泌が促進される。鉱質コルチコイドは腎臓に作用してナトリウムイオンの再吸収を促進させ、それに伴い水の再吸収が促進し体液量を増加させる。これらのホルモンの作用により、低下していた血圧は正常な値まで回復する。

(4) 自律神経は、血圧が低下すると血管や心臓に直接はたらきかけたり、ホルモンの分泌を促したりすることで血圧を回復させる。

生 物 (その2)

問1 下線部(1)について、ある健康なヒトの血しょう、原尿、尿中の各成分の濃度(重量パーセント：%)を測定した結果を表1に示す。

表1

成分	血しょう (%)	原尿 (%)	尿 (%)
(ア)	7.5	0	0
(イ)	0.1	0.1	0
(ウ)	0.03	0.03	2.0
カリウムイオン	0.02	0.02	0.15
ナトリウムイオン	0.32	0.32	0.35
クレアチニン	0.001	0.001	0.075

i) (ア)～(ウ)に該当するものは何か。次の①～⑤から最も適当なものをそれぞれ1つずつ選び、番号で記せ。

- ① 尿素 ② チロキシン ③ グルコース
 ④ タンパク質 ⑤ インスリン

ii) 尿が1日に1.4 L生成されたとすると、1日に生成される原尿量は何Lか、数値は四捨五入して整数で記せ。ただし、クレアチニンの再吸収率は37.5%とし、血しょう、原尿、尿の密度は1 g/mLとする。

iii) ii)の原尿量をもとにすると、ナトリウムイオンの再吸収率は何%か、数値は四捨五入して小数第1位まで記せ。

生 物 (その3)

問2 下線部(2)について,

i) バソプレシンを産生している部位と分泌している部位はそれぞれどこか。次の①～⑩から最も適当なものをそれぞれ1つずつ選び、番号で記せ。なお、同じ番号を重複して選んでも構わない。

- | | | |
|----------|--------|----------|
| ① 視床 | ② 視床下部 | ③ 脳下垂体前葉 |
| ④ 脳下垂体後葉 | ⑤ 甲状腺 | ⑥ 副甲状腺 |
| ⑦ すい臓 | ⑧ 副腎皮質 | ⑨ 副腎髄質 |
| ⑩ 腎臓 | | |

ii) バソプレシンにより水の再吸収が促進される部位はどこか。次の①～⑥から最も適当なものを1つ選び、番号で記せ。

- | | | |
|-------|----------|-------|
| ① 糸球体 | ② ボーマンのう | ③ 細尿管 |
| ④ 集合管 | ⑤ 腎う | ⑥ 輸尿管 |

iii) ii) で再吸収を行っている上皮細胞において、水を通す膜タンパク質は何か、名称を記せ。

iv) iii) の膜タンパク質はバソプレシンに反応して細胞膜上の数を急速に増加させる。そのしくみを簡潔に記せ。

問3 下線部(3)について、鉍質コルチコイドを産生している部位と分泌している部位はそれぞれどこか。問2のi)の選択肢①～⑩から最も適当なものをそれぞれ1つずつ選び、番号で記せ。なお、同じ番号を重複して選んでも構わない。

生 物 (その4)

問4 下線部(4)について、自律神経を介した血圧の調節について記された次の文の(a)～(e)に、最も適当なものをそれぞれ1つずつ選び、番号で記せ。

血圧が低下すると(a:①交感神経 ②副交感神経)が体表の血管に作用し、血管の平滑筋を(b:③弛緩 ④収縮)させることで、血管の内径は(c:⑤縮小 ⑥拡大)し、血圧は上昇する。

また、(a)は心臓に直接作用するとともに(d:⑦副腎皮質 ⑧副腎髄質)にも直接はたらきかけてホルモンを分泌させる。両者のはたらきにより心臓の拍動は(e:⑨促進 ⑩抑制)され、血圧は上昇する。

生 物 (その5)

第2問 ゲノムの解読に関する次の文を読み、以下の各問いに答えよ。

1990年に始まったヒトゲノム計画は、ヒトゲノム DNA の全塩基配列の解読を目的とし、サンガー法とよばれる DNA の塩基配列決定法で行われた。サンガー法では、配列を調べたい DNA のうちどちらか一方を鋳型として、それに相補的な DNA 鎖を合成することで配列を決定する。まず、鋳型 DNA と DNA ポリメラーゼの基質である通常のヌクレオチド 4 種が入った反応液を試験管 4 本に分注する。⁽¹⁾ 各試験管に図 1 の特殊なヌクレオチドのうち 1 種ずつを少量加え、プライマーとともに DNA 合成反応を行う。次に、⁽²⁾ 各試験管の反応産物を 1 本鎖にした後、それぞれをゲルのくぼみ(ウェル)に注入して電気泳動し、検出される DNA のバンドの位置を比較して塩基配列の決定を行う (図 2)。サンガー法はその後さまざまな改良が重ねられ、⁽³⁾ 4 本の試験管で別々に行っていた DNA 合成反応を 1 本の試験管にまとめ、PCR 法の要領で反応させるなどにより解析速度が増し、2003 年にヒトゲノムの解読終了が発表された。

ヒトゲノムを解読した結果、遺伝子はゲノム全体の約 20%であることがわかった。さらに ⁽⁴⁾ 遺伝子のうちタンパク質をコードしている領域を決定するため、開始コドンと終止コドンに対応する DNA の塩基配列に挟まれた領域の探索が行われた。その結果、翻訳されている DNA 領域はゲノム全体の約 1.5% にすぎず、大半はタンパク質をコードしていない非コード領域であることが判明した。一方で、転写された RNA の網羅的解析から ⁽⁵⁾ ゲノム全体の約 75% が何らかの形で転写されていることも明らかになった。

図 1

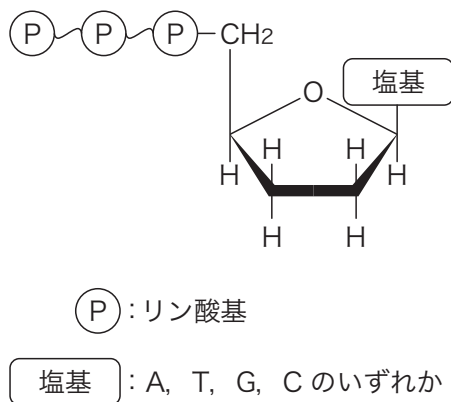
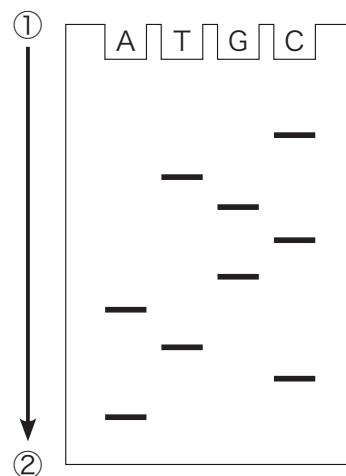


図 2



生 物 (その6)

問1 下線部(1)について、A, T, G, Cいずれかの塩基をもつ特殊なヌクレオチド4種を少量ずつ別々の試験管に加えて反応させた結果、反応産物はそれぞれどのようなものになるか、簡潔に記せ。

問2 下線部(2)について、図2のA, T, G, Cはそれぞれ対応する塩基をもつ特殊なヌクレオチドを加えた反応溶液を注入したウェルを示す。また、矢印は泳動の方向を示す。

i) 鋳型としたDNA鎖の塩基配列を図2の結果から判読し、アルファベットで5'側から記せ。

ii) 図2においてプラス極は①と②のどちらか、番号で記せ。

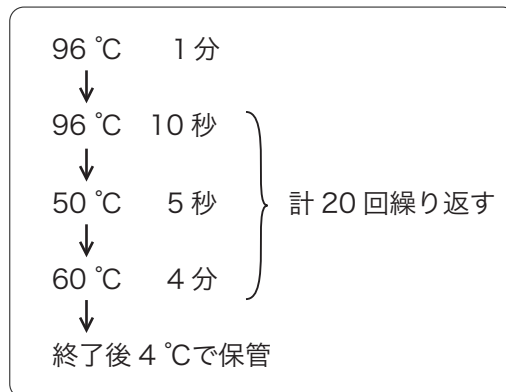
生 物 (その7)

問3 下線部(3)について、この反応を行うための反応溶液の組成を表2に、反応条件を図3に示す。

表2

試薬名	最終量	容量
鋳型 DNA	10 ng	4 μL
反応溶液の 10 倍濃度の緩衝液	(1 倍濃度)	(ア) μL
酵素・基質混合溶液		6 μL
[DNA ポリメラーゼ 通常の変換オチド4種 特殊な変換オチド4種]		
濃縮プライマー溶液 (0.8 $\mu\text{mol/L}$)	3.2 pmol	(イ) μL
蒸留水		(ウ) μL
反応溶液の総量		20 μL

図3



- i) (ア) ~ (ウ) に適する数値を整数で記せ。ただし、 μ (マイクロ) は 10^{-6} , n (ナノ) は 10^{-9} , p (ピコ) は 10^{-12} を表す。
- ii) 図3の反応により、鋳型 DNA 鎖 1 本から何本の DNA 鎖が合成されることになるか、数値を記せ。
- iii) 改良前のサンガー法では大腸菌由来の DNA ポリメラーゼを用いていたが、この反応では異なる DNA ポリメラーゼを用いる。その DNA ポリメラーゼの特徴は何か、簡潔に記せ。

生 物 (その8)

問4 下線部(4)について,

- i) 開始コドンと終止コドンの塩基配列をそれぞれ1つずつ記せ。また、それぞれに対応するアミノ酸は何か、名称を記せ。ただし、対応するアミノ酸がない場合は×を記せ。

- ii) 大腸菌のゲノムからタンパク質に翻訳されうる DNA 領域を見つけ出す場合、その領域が開始コドンと終止コドンに対応する DNA の塩基配列に挟まれていることの他に、必要条件があと2つある。1つはその DNA 領域がある程度の長さをもっていること。もう1つは何か、簡潔に記せ。

問5 下線部(5)について、転写されても翻訳されずに RNA の状態で機能するものは何か、名称を2つ記せ。

生 物 (その9)

第3問 動物の行動と進化に関する次の文を読み、以下の各問いに答えよ。

動物の中には繁殖期に特有な体色（婚姻色）を示す種がいる。⁽¹⁾ 繁殖期に入ったトゲウオの雄は縄張りの中に巣を作り、体に赤い婚姻色が現れる。縄張りに婚姻色をもつ雄が入ってくると攻撃して追い払い、卵で腹のふくれた雌には求愛行動をとる。雌が求愛を受け入れて産卵すると、雄が放精して受精が完了する。雄は放精後も巣にとどまり、卵とそこから孵化した稚魚を約10日間にわたって世話をする。そのため⁽²⁾ 雌は子育てを十分に行える健康状態のよい雄を選ぶとされている。このように配偶行動において、同性間、異性間に見られる相互作用により特定の遺伝的特徴が進化するしくみを⁽³⁾ 性選択とよぶ。

また、生息する環境に応じて、生存や生殖に有利な形質をもつ個体が世代を重ねるごとに集団の中で増加していく。これを⁽⁴⁾ 自然選択とよぶ。

問1 下線部(1)について、

i) 攻撃の引き金となる婚姻色が現れる部位はどこか。次の①～⑤から最も適当なものを1つ選び、番号で記せ。

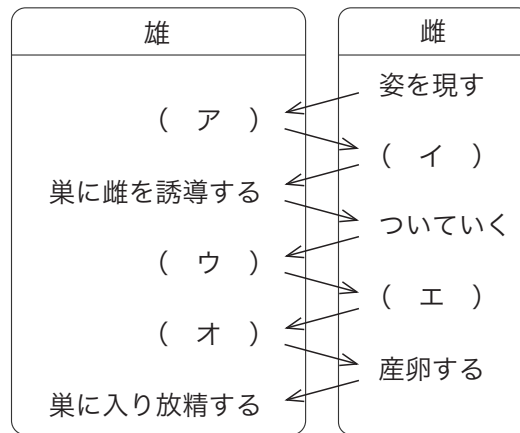
- | | | |
|-------|-------|------|
| ① 頭頂部 | ② 眼 | ③ 腹部 |
| ④ 背びれ | ⑤ 尾びれ | |

ii) このように、動物に特定の行動を誘発する外界からの引き金を何とよぶか、用語を記せ。

生 物 (その10)

iii) 雌が姿を現した際に雄と雌がとる一連の求愛行動を図4に示す。

図4



(ア)～(オ)にあてはまる行動はどれか、次の①～⑦から最も
適当なものをそれぞれ1つずつ選び、番号で記せ。

- | | |
|---------------|---------------|
| ① 巢に入る | ② 8の字ダンスを行う |
| ③ 巢の入り口を教える | ④ ジグザグダンスを行う |
| ⑤ 尾の基部を口でつつく | ⑥ 求愛に応じて体をそらす |
| ⑦ 性フェロモンを分泌する | |

生 物 (その11)

問2 下線部(2)について、雌が雄を選ぶ上で重要な因子が何であるのかを明らかにするため、次の実験A～実験Eを行った。また、それぞれの実験で得られた結果を結果A～結果Eとして図5に示す。

実験A：ある集団における雄の体長あたりの体重(体重/体長)と、婚姻色の強さをそれぞれ計測して相関関係を調べた。

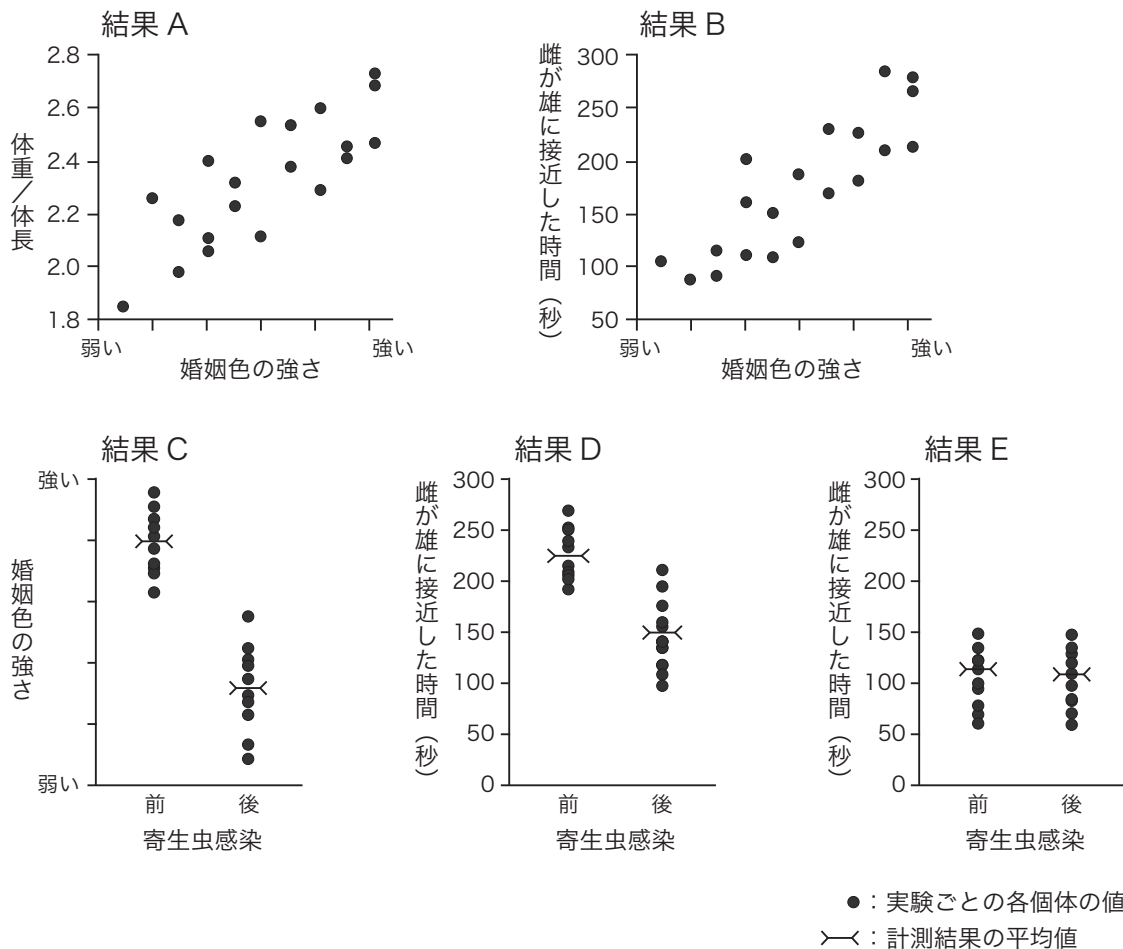
実験B：実験Aと同じ集団を用いて、雌が雄に接近した時間と、婚姻色の強さをそれぞれ計測して相関関係を調べた。

実験C：婚姻色が強い10匹の雄を選び、寄生虫を感染させる前と感染させた後で、婚姻色の強さをそれぞれ計測した。

実験D：実験Cと同じ雄を用いて、寄生虫を感染させる前と感染させた後で、雌が雄に接近した時間をそれぞれ計測した。

実験E：体の輪郭は認識できるが、婚姻色の判断がつかなくなる緑色照明下で実験Dを行った。

図5



生 物 (その12)

i) 結果 A ～ 結果 E より読み取れることは何か。次の ① ～ ⑤ から適当なものを 2 つ選び、番号で記せ。

- ① 雄は体重が重いほど婚姻色が強い。
- ② やせた雄は寄生虫に感染しやすい。
- ③ 雄は寄生虫に感染すると婚姻色が弱くなる。
- ④ 緑色照明下では、雄は寄生虫に感染しにくい。
- ⑤ 雄の体長あたりの体重の値が大きいほど、雌が雄に接近する時間が長い。

ii) 結果 A ～ 結果 E より、「雌は雄を選ぶ際に婚姻色の強さを優先する」という仮説を立てた。この仮説を検証するためにはどのような追加実験を行えばよいか。次の ① ～ ⑤ から最も適当なものを 1 つ選び、番号で記せ。また、仮説が妥当な場合、追加実験でどのような結果が得られると予想されるか、簡潔に記せ。

- ① 緑色照明下で A の実験を行う。
- ② 寄生虫に感染した雌を用いて B の実験を行う。
- ③ ウイルスを感染させる前と感染させた後で、雄の婚姻色の強さをそれぞれ計測する。
- ④ 雄の体長あたりの体重と、緑色照明下で雌が雄に接近する時間をそれぞれ計測する。
- ⑤ 人工的に巣を大きくした際に、雌が雄に接近する時間の長さを計測する。

生 物 (その13)

問3 下線部(3)について、性選択の例はどれか。次の①～⑥から適当なものを2つ選び、番号で記せ。

- ① 雄クジャクは飾り羽が派手なほど、多くの子孫を残せる。
- ② 氷期にベーリング海を渡った家族に偶然にも血液型がO型の者が多かったことによって、アメリカ先住民の多くはO型になった。
- ③ ニホンイシガメは孵卵温度が高いと雌、低いと雄に分化する。
- ④ セイヨウミツバチの幼虫を蛹さなぎになるまでローヤルゼリーで育てると、女王蜂に成長する。
- ⑤ 同一河川に住むイワナとアマゴは、その生息域を分けて生活している。
- ⑥ 雄のシカは角が大きいほど雌を奪い合う争いに強い。

問4 下線部(4)について、

- i) 鱗翅目シャクガ科の蛾がであるオオシモフリエダシャクの工業暗化は自然選択の代表例である。オオシモフリエダシャクの体色は1組の対立遺伝子によって暗色と明色が決定され、暗色は顕性(優性)で、明色は潜性(劣性)である。オオシモフリエダシャクのある集団で体色の調査を行ったところ、明色が15個体、暗色が360個体であった。この集団がハーディ・ワインベルグの法則に従うと仮定した場合、この集団において体色を決定する対立遺伝子のうち、潜性遺伝子の頻度は何%か。数値は四捨五入して整数で記せ。
- ii) トケイソウの花の長さとその花の蜜みつを吸うヤリハシハチドリのかちばしの長さは、互いに影響しながら伸びていったと考えられている。このように種間の形質が影響し合いながら相互に変化する自然選択の例を特に何とよぶか、名称を記せ。