生物基礎・生物

問題は第４問まであります

第１問　次の［文１］,［文２］を読み，下の設問に答えよ。

［文１］

生体内で起こる化学反応をまとめて代謝という。代謝には，複雑な物質を簡単な物質に分解する［ア］と，簡単な物質から複雑な物質を合成する［イ］がある。一般に［ア］はエネルギーを［ウ］する反応であるが，［イ］はエネルギーを［エ］する反応である。

代謝が生体内で円滑に進められるのは，酵素が活性化エネルギーを［オ］させる触媒としてはたらいているためである。酵素の主成分は複雑な立体構造をもつタンパク質であるため，酵素は無機触媒とは異なる性質をもっている。

酵素が作用をする物質を基質というが，酵素には特定の物質のみに作用する性質があり，この性質を基質特異性という。これは酵素の［カ］が複雑な立体構造をもち，その構造と適合する物質のみが［カ］に結合して基質となるためである。例えば，カタラーゼは［キ］のみに作用してこれを分解する。一方，トリプシンはタンパク質を構成するアミノ酸どうしをつなぐ［ク］に作用してこれを切断する。

また，酵素の反応には最適温度があり，ヒトの体内ではたらく酵素では一般に［ケ］℃ほどである。温度がある程度以上高くなると，酵素の主成分であるタンパク質が変性するので，一般に 60℃を超えると失活する。さらに，酵素の反応には最適 pH があり，だ液に含まれるアミラーゼの最適 pH は約［コ］であるが，胃液中ではたらくペプシンの最適 pH は約［サ］である。

問１　文中の［ア］～［オ］にあてはまる語句の組合せとして最も適切なものを，次の選択肢①～⑧のうちから一つ選べ。　**解答番号**1

	ア	イ	ウ	エ	オ
①	異化	同化	吸収	放出	上昇
②	異化	同化	吸収	放出	低下
③	異化	同化	放出	吸収	上昇
④	異化	同化	放出	吸収	低下
⑤	同化	異化	吸収	放出	上昇
⑥	同化	異化	吸収	放出	低下
⑦	同化	異化	放出	吸収	上昇
⑧	同化	異化	放出	吸収	低下

問２　文中の［カ］～［ク］にあてはまる語句の組合せとして最も適切なものを，次の選択肢①～⑧のうちから一つ選べ。　**解答番号**2

	カ	キ	ク
①	活性部位	ATP	ペプチド結合
②	活性部位	ATP	水素結合
③	活性部位	過酸化水素	ペプチド結合
④	活性部位	過酸化水素	水素結合
⑤	調節部位	ATP	ペプチド結合
⑥	調節部位	ATP	水素結合
⑦	調節部位	過酸化水素	ペプチド結合
⑧	調節部位	過酸化水素	水素結合

問３　文中の［ケ］～［サ］にあてはまる数値の組合せとして最も適切なものを，次の選択肢①～⑧のうちから一つ選べ。　**解答番号3**

	ケ	コ	サ
①	20	7	2
②	20	7	10
③	20	10	2
④	20	10	7
⑤	40	7	2
⑥	40	7	10
⑦	40	10	2
⑧	40	10	7

問４　代謝に関する文として最も適切なものを，次の選択肢①～⑥のうちから一つ選べ。　**解答番号4**

① 有機物を取り込まなくても生育できる生物を従属栄養生物という。
② 呼吸の過程のうち，解糖系と電子伝達系は酸素がなくても進行する。
③ 乳酸菌は乳酸発酵，酵母はアルコール発酵のみを行い，いずれも呼吸を行わない。
④ 光合成を行う原核生物はすべて酸素非発生型の光合成を行う。
⑤ 原核生物には光を利用せずに二酸化炭素から有機物を合成するものが存在する。
⑥ 無機窒素化合物から有機窒素化合物を合成できる生物は植物のみである。

問５　タンパク質の構造とはたらきに関する文として最も適切なものを，次の選択肢①～⑥のうちから一つ選べ。　**解答番号5**

① タンパク質を構成するアミノ酸のうち，メチオニンは側鎖に硫黄を含み，S–S 結合の形成に重要である。
② タンパク質の中には，複数のポリペプチドからなる四次構造をもつものがある。
③ タンパク質の三次構造にはαヘリックス構造やβシート構造がある。
④ タンパク質の立体構造の形成を補助するタンパク質をフィブリンという。
⑤ 膜輸送タンパク質による輸送の例として，エキソサイトーシスによる輸送がある。
⑥ 水溶性ホルモンの受容体は，ホルモンと結合すると核に移行して，遺伝子発現を調節する調節タンパク質としてはたらく。

問６　酵素反応に関する文として誤っているものを，次の選択肢①～⑥のうちから一つ選べ。　**解答番号6**

① 酵素反応について，時間を横軸に，反応生成物量を縦軸にとり，グラフをつくると，このグラフの傾きは反応速度を表す。
② 一般に，酵素反応の反応速度は，反応開始から時間とともに低下して，やがて 0 になる。これは基質が徐々に減少するためである。
③ 酵素反応の反応速度は，酵素－基質複合体の濃度に比例すると考えてよい。したがって，基質が十分に存在するときは酵素の濃度に比例すると考えてよい。
④ 基質濃度と反応速度のグラフをつくると，ある基質濃度以上で最大反応速度となり，反応速度は上昇しなくなる。これはすべての酵素が酵素－基質複合体になり，複合体をつくっていない酵素が不足するからである。
⑤ 基質と構造の類似した競争的阻害物質を与えると，基質濃度が十分に高いときの反応速度（最大反応速度）は低下する。
⑥ 非競争的阻害物質を与えると，基質濃度によらず反応速度は常に低下する。

［文２］

光合成は，CO_2 を固定して有機物を合成する反応系である。光合成では，まず光エネルギーを利用して NADPH と ATP がつくられ，次にこの NADPH と ATP を用いて CO_2 が固定される。

多くの植物では，大気中から葉の葉肉細胞に取り込まれた CO_2 は，C_5 化合物である［シ］と結合して C_3 化合物である［ス］になる。［ス］は NADPH や ATP を消費するいくつかの反応を経て再び［シ］に再生され，この過程で有機物が合成される。この反応過程をカルビン回路（カルビン・ベンソン回路）といい，このような反応を行う植物は C_3 植物と呼ばれる。

カルビン回路での CO_2 の固定は，ルビスコという酵素によって行われる。しかし，この酵素は，CO_2 濃度の低い条件では［シ］と O_2 を結合させて［ス］とホスホグリコール酸に分解する反応も行う。この反応が行われると，ホスホグリコール酸から最終的に CO_2 が放出され，［ス］も減少する。このため，C_3 植物が気孔を閉じる環境では，葉内の CO_2 濃度が低下して光合成効率が著しく低下する。

これに対して，C_4 植物と呼ばれる植物では，葉肉細胞に取り込まれた CO_2 が，C_3 化合物であるホスホエノールピルビン酸（PEP）と結合して C_4 化合物である［セ］になる。この反応は，PEP カルボキシラーゼという酵素によって行われる。PEP カルボキシラーゼはルビスコに比べて CO_2 を固定する能力が高く，CO_2 濃度の低い条件でも効率よく CO_2 を固定できる。［セ］はリンゴ酸などに変えられた後に，維管束鞘細胞に移動して，C_3 化合物と CO_2 に分解され，C_3 化合物は PEP に再生されて，葉肉細胞に戻る。また，C_4 植物の維管束鞘細胞は葉緑体をもつため，CO_2 はルビスコによってカルビン回路に取り込まれる。このように C_4 植物は CO_2 を濃縮してカルビン回路に送り込むことができるため，C_3 植物とは異なる光合成の特徴がみられる。

次の図１のＡ～Ｃは，C_3 植物と C_4 植物の光合成曲線を模式的に示したものである。また，図中の P～U は，それぞれ C_3 植物と C_4 植物のいずれかを示している。

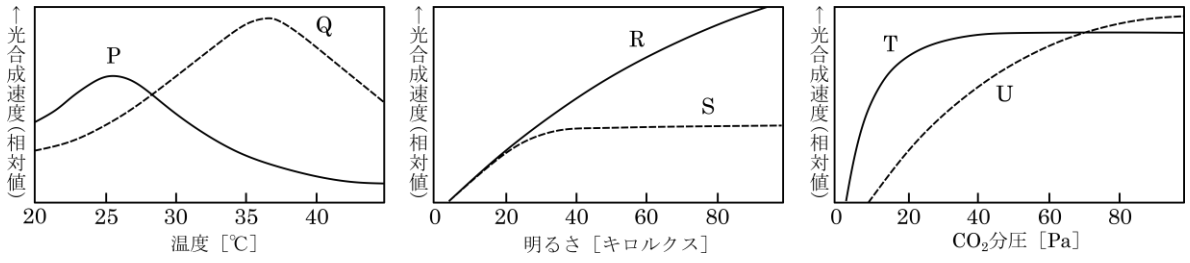


図１

また，C_4 植物と同様の反応を昼夜に分けて葉肉細胞で行う CAM 植物と呼ばれる植物も存在する。CAM 植物は，夜に気孔を開いて CO_2 を葉肉細胞に取り込み，PEP カルボキシラーゼによって［セ］を生成し，リンゴ酸に変えて液胞に蓄える。昼は気孔を閉じ，リンゴ酸を分解して CO_2 を取り出し，カルビン回路に送り込む。

問７　文中の［シ］～［セ］にあてはまる語句の組合せとして最も適切なものを，次の選択肢①～⑧のうちから一つ選べ。　**解答番号 7**

	シ	ス	セ
①	GAP	PGA	オキサロ酢酸
②	GAP	PGA	コハク酸
③	GAP	RuBP	オキサロ酢酸
④	GAP	RuBP	コハク酸
⑤	RuBP	GAP	オキサロ酢酸
⑥	RuBP	GAP	コハク酸
⑦	RuBP	PGA	オキサロ酢酸
⑧	RuBP	PGA	コハク酸

問８　図１のＡ～Ｃについて，C_4 植物の光合成曲線はそれぞれ P～U のどれか。組合せとして最も適切なものを，次の選択肢①～⑧のうちから一つ選べ。

解答番号 8

	A	B	C
①	P	R	T
②	P	R	U
③	P	S	T
④	P	S	U
⑤	Q	R	T
⑥	Q	R	U
⑦	Q	S	T
⑧	Q	S	U

問９　C_4 植物と CAM 植物にはどのようなものがあるか。植物例とその原産地の環境の組合せとして最も適切なものを，次の選択肢①～⑨のうちからそれぞれ一つずつ選べ。

C_4 植物＝**解答番号** 9

CAM 植物＝**解答番号** 10

植物例	原産地の環境
① イネ	降水量が少なく極度に乾燥した環境
② イネ	冬季に長く雪に覆われる環境
③ イネ	年間を通して光が強く高温な環境
④ トウモロコシ	降水量が少なく極度に乾燥した環境
⑤ トウモロコシ	冬季に長く雪に覆われる環境
⑥ トウモロコシ	年間を通して光が強く高温な環境
⑦ ベンケイソウ	降水量が少なく極度に乾燥した環境
⑧ ベンケイソウ	冬季に長く雪に覆われる環境
⑨ ベンケイソウ	年間を通して光が強く高温な環境

第２問　次の［文１］,［文２］を読み，下の設問に答えよ。

［文１］

細胞内での DNA の形態は，原核生物と真核生物で大きく異なる。原核生物は一般に１つの［ア］DNA をもっているが，真核生物は複数の線状 2 本鎖 DNA をもっている。また，真核生物の DNA は［イ］というタンパク質と結合して［ウ］となり，折りたたまれて［エ］を形成している。

遺伝情報の発現の過程についても，原核生物と真核生物でいくつかの相違点がある。

［オ］生物では，プロモーター領域に基本転写因子が結合したのちに，RNA ポリメラーゼが結合して転写が開始されるが，［カ］生物では，RNA ポリメラーゼが単独で DNA のプロモーター領域に結合して転写が開始される。

また，真核生物の遺伝子は一般にイントロンを含むため，転写された RNA（mRNA 前駆体）からイントロンが切除されるスプライシングの過程を経て mRNA が完成し，この mRNA にリボソームが結合して翻訳が始まる。一方，原核生物の遺伝子は一般にイントロンを含まないため，スプライシングは起こらない。

遺伝子発現の調節には，DNA の転写調節領域に結合して転写を調節する調節タンパク質のはたらきが重要である。調節タンパク質には，転写を促進するものと抑制するものがあり，促進するものをアクチベーター，抑制するものを［キ］という。1 つの遺伝子に対して複数の転写調節領域が存在し，複数の調節タンパク質によって転写が調節されていることも多い。

問１　文中の［ア］～［エ］にあてはまる語句の組合せとして最も適切なものを，次の選択肢①～⑥のうちから一つ選べ。　**解答番号** 11

	ア	イ	ウ	エ
①	環状 1 本鎖	クロマチン	ヌクレオソーム	ヒストン
②	環状 1 本鎖	クロマチン	ヒストン	ヌクレオソーム
③	環状 1 本鎖	ヌクレオソーム	クロマチン	ヒストン
④	環状 2 本鎖	ヌクレオソーム	ヒストン	クロマチン
⑤	環状 2 本鎖	ヒストン	クロマチン	ヌクレオソーム
⑥	環状 2 本鎖	ヒストン	ヌクレオソーム	クロマチン

問２　文中の［ オ ］～［ キ ］にあてはまる語句の組合せとして最も適切なものを，次の選択肢①～⑥のうちから一つ選べ。　**解答番号 12**

	オ	カ	キ
①	原核	真核	オーガナイザー
②	原核	真核	オペレーター
③	原核	真核	リプレッサー
④	真核	原核	オーガナイザー
⑤	真核	原核	オペレーター
⑥	真核	原核	リプレッサー

問３　遺伝情報の発現に関する文として最も適切なものを，次の選択肢①～⑥のうちから一つ選べ。　**解答番号 13**

① RNA ポリメラーゼによって RNA 鎖が 3'→5'の方向に合成される。
② 真核生物では，細胞質でスプライシングが起こる。
③ 原核生物では，mRNA の転写が終了する前に翻訳がはじまる。
④ リボソームは rRNA のみから構成される構造体である。
⑤ リボソームは mRNA 上を 3'→5'の方向に移動する。
⑥ 開始コドンに対応するアンチコドンをもつ tRNA は存在しない。

問４　スプライシングによって切除される領域が変化して，エキソンの一部がイントロンとともに切除されることがある。この現象を選択的スプライシングといい，これによって 1 種類の mRNA 前駆体から 2 種類以上の mRNA が生じる。いま，6 つのエキソンの間に 5 つのイントロンを含む遺伝子で選択的スプライシングが起こるとき，理論上何種類の mRNA が生じるか。最も適切なものを，次の選択肢①～⑨のうちから一つ選べ。なお，両端のエキソンは切除されず，エキソンの順序は入れ替わらないものとする。　**解答番号 14**

① 4 種類	② 5 種類	③ 6 種類
④ 8 種類	⑤ 10 種類	⑥ 12 種類
⑦ 16 種類	⑧ 32 種類	⑨ 64 種類

問５　ある真核生物の遺伝子 *A* の転写調節領域に結合する調節タンパク質のはたらきを調べるために，この生物の細胞から遺伝子 *A* を取り出し，さまざまな長さで遺伝子 *A* の転写調節領域（a～d）と，遺伝子 *A* のプロモーター領域および緑色蛍光タンパク質（*GFP*）遺伝子を結合させた人工遺伝子Ⅰ～Ⅳを作製した（図１）。この人工遺伝子をもとの細胞に導入して，それぞれ GFP の蛍光強度を測定した（図２）。この実験では，人工遺伝子の転写量に比例して GFP が合成されるため，人工遺伝子の転写量を蛍光強度で測定できる。

なお，転写調節領域を結合させず，プロモーター領域と *GFP* 遺伝子のみを結合させた人工遺伝子をもとの細胞に導入したときの蛍光強度はほぼ０であった。この実験について，以下の（ⅰ），（ⅱ）に答えよ。

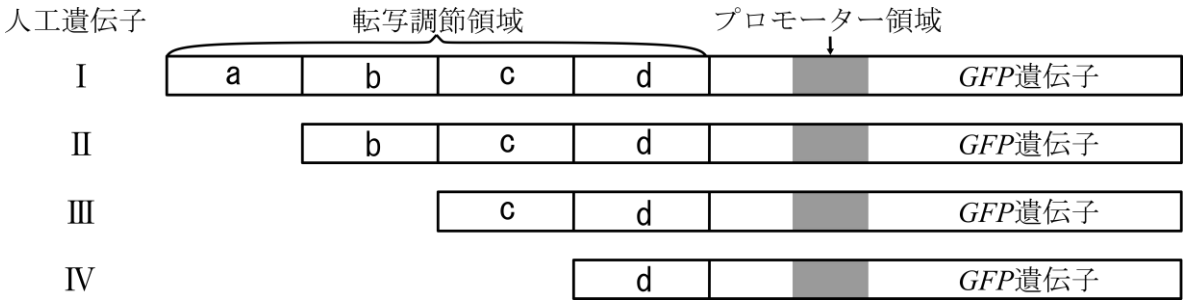


図 1

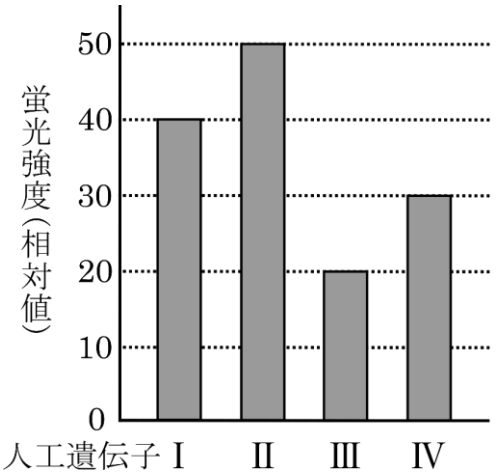


図 2

（ⅰ）　実験の結果から，遺伝子*A*の転写調節領域のうち，転写を促進する調節タンパク質が結合する領域と，転写を抑制する調節タンパク質が結合する領域は，それぞれ転写調節領域 a～d のどこと考えられるか。最も適切なものを，次の選択肢①～⑨のうちからそれぞれ一つずつ選べ。なお，実験に用いた細胞は，転写調節領域 a～d に結合する調節タンパク質をすべてもっているものとする。また，それぞれの調節タンパク質は互いのはたらきによる影響を受けない。

転写を促進する調節タンパク質が結合する領域＝**解答番号** 15

転写を抑制する調節タンパク質が結合する領域＝**解答番号** 16

① a のみ	② b のみ	③ c のみ
④ d のみ	⑤ a と b	⑥ a と c
⑦ a と d	⑧ b と c	⑨ b と d

（ⅱ）　遺伝子*A*の転写調節領域 a，c，d の 3 つと，プロモーター領域および*GFP*遺伝子をこの順に結合させた人工遺伝子を作製して，もとの細胞に導入すると，蛍光強度（相対値）はいくらになると考えられるか。最も適切なものを，次の選択肢①～⑩のうちから一つ選べ。　**解答番号** 17

① 0	② 10	③ 20	④ 30	⑤ 40
⑥ 50	⑦ 60	⑧ 70	⑨ 80	⑩ 90

［文２］

遺伝子を扱う技術として，試験管内で DNA 断片を増幅する PCR 法や，DNA の塩基配列を解析するサンガー法などがある。

PCR 法の一般的な過程は次の通りである。まず，鋳型となる 2 本鎖 DNA，DNA プライマー，耐熱性の DNA ポリメラーゼ，および 4 種類のヌクレオチドを含む反応液を用意する。これを 95℃に加熱して，鋳型となる 2 本鎖 DNA を 1 本鎖に分離する（過程１）。次に 55℃に冷却して，1 本鎖 DNA と DNA プライマーを結合させる（過程２）。さらに 72℃に加熱して，新たな DNA 鎖を伸長させる（過程３）。この過程をくり返すことで，鋳型となる DNA と同じ塩基配列をもつ DNA 断片が短時間で大量に増幅できる。

サンガー法では，塩基配列を解析したい 1 本鎖 DNA を鋳型として，DNA プライマー，耐熱性の DNA ポリメラーゼ，DNA 鎖の材料となる 4 種類のヌクレオチド，および塩基 A，G，T，C のいずれかを含むジデオキシヌクレオチド 1 種類を加えて，相補的な DNA 鎖を合成させる。ジデオキシヌクレオチドが DNA 鎖に取り込まれると，その位置で DNA 鎖の伸長が停止するので，さまざまな長さの DNA 鎖が合成される。この操作を 4 種類のジデオキシヌクレオチドそれぞれについて行い，合成された DNA 鎖の長さを電気泳動法によって調べることで，DNA 鎖の塩基配列を決定できる。

問６　PCR 法では，増幅したい塩基配列の部分を挟み込むような形で 2 種類の DNA プライマーが必要となる。図３の DNA（一方の鎖のみを示す）を増幅するときに必要となる DNA プライマーとして最も適切なものを，次の選択肢①～⑧のうちからそれぞれ一つずつ選べ。

図３の DNA 鎖に結合するプライマー＝**解答番号** 18

図３の DNA 鎖と対になる DNA 鎖に結合するプライマー＝**解答番号** 19

5'－TCTTACCTGGACTCTGGA…GCTCCTTCTCTGAGTGGT－3'

図３

①　5'－AGAATGGACCTGAGA－3'　　②　5'－AGAGTCCAGGTAAGA－3'

③　5'－TCTTACCTGGACTCT－3'　　④　5'－TCTCAGGTCCATTCT－3'

⑤　5'－CCTTCTCTGAGTGGT－3'　　⑥　5'－TGGTGAGTCTCTTCC－3'

⑦　5'－GGAAGAGACTCACCA－3'　　⑧　5'－ACCACTCAGAGAAGG－3'

問７　一般に，PCR 法で用いる DNA プライマーは，標的配列以外の誤った位置に結合しないように 20 塩基程度の長さのものを用いる。いま，長さ 15 塩基の特定の塩基配列をヒトのゲノム DNA 上で探すとき，そのような塩基配列は理論上何個あると考えられるか。最も適切なものを，次の選択肢①～⑧のうちから一つ選べ。ただし，ヒトゲノム DNA の全長は 3.0×10^9 塩基対とし，その塩基配列はランダムであるとする。なお，$4^5 \fallingdotseq 10^3$ の近似値を用いてよい。

解答番号 20

① 3 個	② 6 個	③ 15 個	④ 30 個
⑤ 60 個	⑥ 150 個	⑦ 300 個	⑧ 600 個

問８　PCR 法の１サイクル（過程１～３）に要する時間が 30 分であるとき，PCR 法を 10 時間行うと，鋳型となる 2 本鎖 DNA はおよそ何倍に増幅されるか。最も適切なものを，次の選択肢①～⑧のうちから一つ選べ。ただし，全サイクルにおいて，DNA 鎖は完全に複製されたものとする。　**解答番号** 21

① 10 倍	② 20 倍	③ 40 倍	④ 80 倍
⑤ 1000 倍	⑥ 2000 倍	⑦ 100 万倍	⑧ 200 万倍

問９　ヒトのある遺伝子疾患について，その変異遺伝子の塩基配列の一部をサンガー法によって解析した。塩基配列の解析には，センス鎖を鋳型として用いた。図４はその結果を表しており，各レーンは左から順に，それぞれ A，G，T，C の塩基を含むジデオキシヌクレオチドを加えて DNA 鎖を合成した際の結果である。なお，この疾患をもたないヒトでは，この部分に対応するアミノ酸配列が，【ロイシン－セリン－プロリン－グルタミン酸－グルタミン酸】であることがわかっている。この変異遺伝子からつくられるタンパク質は，正常な遺伝子からつくられるタンパク質と比べてどのような違いがあると考えられるか。最も適切なものを，次の選択肢①～⑥のうちから一つ選べ。なお，必要ならば以下の遺伝暗号表を用いよ。　**解答番号** 22

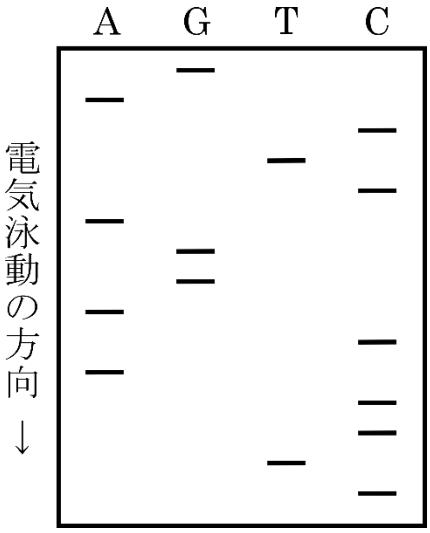


図４

遺伝暗号表

		2番目の塩基									
		U		C		A		G			
1番目の塩基	U	UUU	フェニルアラニン	UCU	セリン	UAU	チロシン	UGU	システイン	U	3番目の塩基
		UUC		UCC		UAC		UGC		C	
		UUA	ロイシン	UCA		UAA	終止コドン	UGA	終止コドン	A	
		UUG		UCG		UAG		UGG	トリプトファン	G	
	C	CUU	ロイシン	CCU	プロリン	CAU	ヒスチジン	CGU	アルギニン	U	
		CUC		CCC		CAC		CGC		C	
		CUA		CCA		CAA	グルタミン	CGA		A	
		CUG		CCG		CAG		CGG		G	
	A	AUU	イソロイシン	ACU	トレオニン	AAU	アスパラギン	AGU	セリン	U	
		AUC		ACC		AAC		AGC		C	
		AUA		ACA		AAA	リシン	AGA	アルギニン	A	
		AUG	開始コドン（メチオニン）	ACG		AAG		AGG		G	
	G	GUU	バリン	GCU	アラニン	GAU	アスパラギン酸	GGU	グリシン	U	
		GUC		GCC		GAC		GGC		C	
		GUA		GCA		GAA	グルタミン酸	GGA		A	
		GUG		GCG		GAG		GGG		G	

① アミノ酸配列のうち，ロイシンがグルタミン酸に置換している。

② アミノ酸配列のうち，セリンがヒスチジンに置換している。

③ アミノ酸配列のうち，セリン以降が欠失している。

④ アミノ酸配列のうち，プロリンがアルギニンに置換している。

⑤ アミノ酸配列のうち，グルタミン酸がバリンに置換している。

⑥ アミノ酸配列のうち，グルタミン酸以降が欠失している。

第３問　次の［文１］,［文２］を読み，下の設問に答えよ。

［文１］

ヒトの眼に入った光は，［ア］と［イ］で屈折し，［ウ］を通過したのち網膜にある視細胞で受容される。網膜の外側には血管に富む［エ］が，さらにその外側には結合組織からなる層があり，これらは網膜へ酸素供給や眼球の保護などの役割を担っている。

視細胞で受容された情報は連絡細胞を経て視神経細胞へと伝達され，視神経を通じて大脳へと伝えられて視覚が生じる。左右の眼球から出る視神経は，視交叉と呼ばれる部分で一部の神経が交差して，右脳と左脳それぞれに情報を伝える。

視細胞には桿体細胞と錐体細胞の２種類があり，桿体細胞はおもに［オ］場所ではたらき［カ］の区別に関わるが，錐体細胞はおもに［キ］場所ではたらき［ク］の区別に関わる。錐体細胞は網膜のうち［ケ］という部分に集中して存在し，桿体細胞はその周辺部に多く存在する。

眼には，遠近調節，光量調節，光の感度の調節のしくみが備わっている。遠近調節においては，［コ］の物体を見るときは毛様筋が［サ］してチン小帯がゆるむことで水晶体が自身の弾性によって［シ］なる。(1) 光量は瞳孔の大きさによって調節される。光を受容する感度には視細胞のもつ視物質である (2) ロドプシンが関わっている。

問１　文中の［ア］～［エ］にあてはまる語句の組合せとして最も適切なものを，次の選択肢①～⑧のうちから一つ選べ。　**解答番号** 23

	ア	イ	ウ	エ
①	角膜	ガラス体	水晶体	強膜
②	角膜	ガラス体	水晶体	脈絡膜
③	角膜	水晶体	ガラス体	強膜
④	角膜	水晶体	ガラス体	脈絡膜
⑤	強膜	ガラス体	水晶体	角膜
⑥	強膜	ガラス体	水晶体	脈絡膜
⑦	強膜	水晶体	ガラス体	角膜
⑧	強膜	水晶体	ガラス体	脈絡膜

問２　文中の［オ］～［ケ］にあてはまる語句の組合せとして最も適切なものを，次の選択肢①～⑧のうちから一つ選べ。　**解答番号** 24

	オ	カ	キ	ク	ケ
①	明るい	色	暗い	明暗	黄斑
②	明るい	色	暗い	明暗	盲斑
③	明るい	明暗	暗い	色	黄斑
④	明るい	明暗	暗い	色	盲斑
⑤	暗い	色	明るい	明暗	黄斑
⑥	暗い	色	明るい	明暗	盲斑
⑦	暗い	明暗	明るい	色	黄斑
⑧	暗い	明暗	明るい	色	盲斑

問３　文中の［コ］～［シ］にあてはまる語句の組合せとして最も適切なものを，次の選択肢①～⑧のうちから一つ選べ。　**解答番号** 25

	コ	サ	シ
①	近く	収縮	厚く
②	近く	収縮	薄く
③	近く	弛緩	厚く
④	近く	弛緩	薄く
⑤	遠く	収縮	厚く
⑥	遠く	収縮	薄く
⑦	遠く	弛緩	厚く
⑧	遠く	弛緩	薄く

問４　下線部（1）について，瞳孔の大きさが変化するしくみに関する文として最も適切なものを，次の選択肢①～⑥のうちから一つ選べ。　**解答番号** 26

① 明るい場所では，瞳孔括約筋が収縮することで瞳孔が拡大する。
② 明るい場所では，瞳孔散大筋が収縮することで瞳孔が縮小する。
③ 暗い場所では，瞳孔括約筋が収縮することで瞳孔が縮小する。
④ 暗い場所では，瞳孔散大筋が収縮することで瞳孔が拡大する。
⑤ 瞳孔の大きさを調節する筋肉は毛様体にある。
⑥ 瞳孔の大きさを調節する筋肉は視神経によって調節される。

問５　下線部（2）について，ロドプシンの構造とはたらきに関する文として最も適切なものを，次の選択肢①～⑥のうちから一つ選べ。　**解答番号** 27

① 桿体細胞と錐体細胞はともにロドプシンを視物質としている。
② ロドプシンは，オプシンと呼ばれるタンパク質とレチナールと呼ばれるタンパク質からなる。
③ レチナールは光が当たっているときはオプシンと結合しているが，光が当たらなくなるとオプシンから遊離する。
④ オプシンから遊離したレチナールは暗所でもとの構造に戻り，再びオプシンと結合してロドプシンが再生される。
⑤ 明るい場所ではロドプシンが徐々に蓄積されることで明順応が起こる。
⑥ 暗い場所では視細胞が感知できる最小の光の強さが大きくなることで暗順応が起こる。

問６　網膜には，視神経の束によって貫かれている部位（以降，部位 A とする）がある。部位 A には視細胞が存在しないため，光を受容することができず，部位 A に結ばれる像は見ることができない。部位 A の大きさを調べるために，図１の装置を用いて実験を行った。この装置では，＋印は固定されており，●印は左右に動かせるようになっている。



図１

眼球から装置までの距離が 50 cm で，＋印が右眼の真正面に来るような位置に装置を置いた。左眼を閉じ，右眼で＋印を注視しながら，●印を左から右へと徐々に動かしたところ，＋印と●印の距離が 12.5 cm 離れたところで●印が見えなくなり，＋印と●印の距離が 20 cm 離れたところで再び●印が見えるようになった。このヒトの右眼の網膜上の，部位Ａの大きさは直径何ｍｍか。最も適切なものを，次の選択肢①～⑧のうちから一つ選べ。なお，眼球は直径 2 cm の完全な球として，部位Ａは完全な円として，それぞれ考えるものとする。

解答番号 28

①　2 mm	②　2.5 mm	③　3 mm	④　3.5 mm
⑤　4 mm	⑥　4.5 mm	⑦　5 mm	⑧　5.5 mm

［文２］

植物はさまざまな(3)光受容体をもち，光環境に応じた反応を示す。その一例に花芽形成がある。季節に応じて花をつける植物は，季節によって変動する，連続した暗期の時間を感知している。花芽形成が起こるかどうかの境目となる連続した暗期の長さを限界暗期といい，暗期の感知には光受容体である(4)フィトクロムが関わっている。

シロイヌナズナでは，花芽形成を促進する物質（フロリゲン）としてはたらく物質はFTタンパク質である。植物は概日リズムと呼ばれるおよそ24時間の周期性をもっており，(5)FTタンパク質の発現は，明暗の情報と周期的に増減するタンパク質によって調節されている。

花芽形成には温度が関わることもあり，シロイヌナズナや秋まきコムギでは，発芽後に一定期間低温にさらされることが花芽形成に必要である。このような現象を(6)春化といい，春化が起きるように植物を低温にさらすことを春化処理という。

問７　下線部（3）について，気孔の開閉を制御するフォトトロピンという光受容体がある。フォトトロピンのはたらきに関する文として最も適切なものを，次の選択肢①～⑧のうちから一つ選べ。　**解答番号** 29

① 青色光を受容し，細胞内の浸透圧を高めることで，気孔が開く。
② 青色光を受容し，細胞内の浸透圧を高めることで，気孔が閉じる。
③ 青色光を受容し，細胞内の浸透圧を下げることで，気孔が開く。
④ 青色光を受容し，細胞内の浸透圧を下げることで，気孔が閉じる。
⑤ 赤色光を受容し，細胞内の浸透圧を高めることで，気孔が開く。
⑥ 赤色光を受容し，細胞内の浸透圧を高めることで，気孔が閉じる。
⑦ 赤色光を受容し，細胞内の浸透圧を下げることで，気孔が開く。
⑧ 赤色光を受容し，細胞内の浸透圧を下げることで，気孔が閉じる。

問８　下線部（4）について，フィトクロムには赤色光吸収型（Pr 型）と遠赤色光吸収型（Pfr 型）の 2 種類があり，Pr 型は赤色光を吸収すると Pfr 型に，Pfr 型は遠赤色光を吸収すると Pr 型に，それぞれ可逆的に変換する。長日植物 A と短日植物 B を用いて，赤色光および遠赤色光と花芽形成の有無との関係を調べたところ，図 2 のようになった。図 2 から考えられることとして最も適切なものを，次の選択肢①～⑥のうちから一つ選べ。　**解答番号** 30

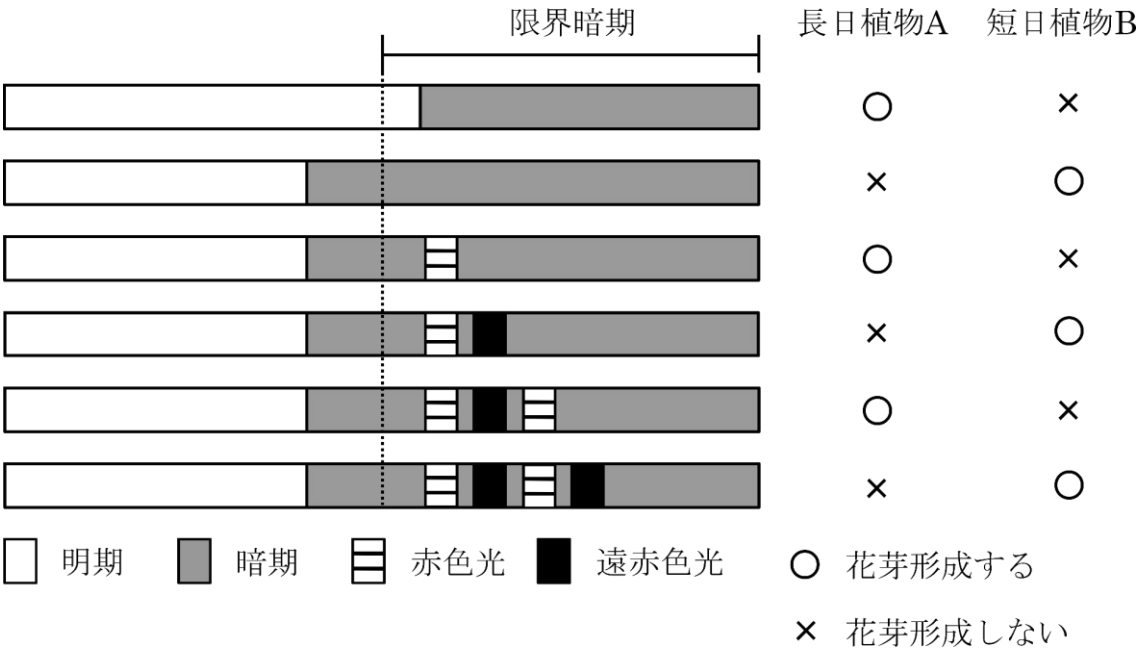


図 2

① 長日植物 A では，Pfr 型は花芽形成を抑制する。
② 長日植物 A では，Pr 型は花芽形成を促進する。
③ 短日植物 B では，Pfr 型は花芽形成を抑制する。
④ 短日植物 B では，Pr 型は花芽形成を抑制する。
⑤ 長日植物 A と短日植物 B ともに，Pfr 型は花芽形成を促進する。
⑥ 長日植物 A と短日植物 B ともに，Pr 型は花芽形成を促進する。

問９　下線部（5）について，シロイヌナズナを用いて，概日リズムを示す遺伝子 C の mRNA およびタンパク質と FT 遺伝子の mRNA との関係を調べたところ，図３のようになった。図３の考察に関する次の文中の［ス］～［タ］にあてはまる語句の組合せとして最も適切なものを，次の選択肢①～⑧のうちから一つ選べ。なお，C タンパク質は FT 遺伝子の発現を調節していることがわかっている。　**解答番号 31**

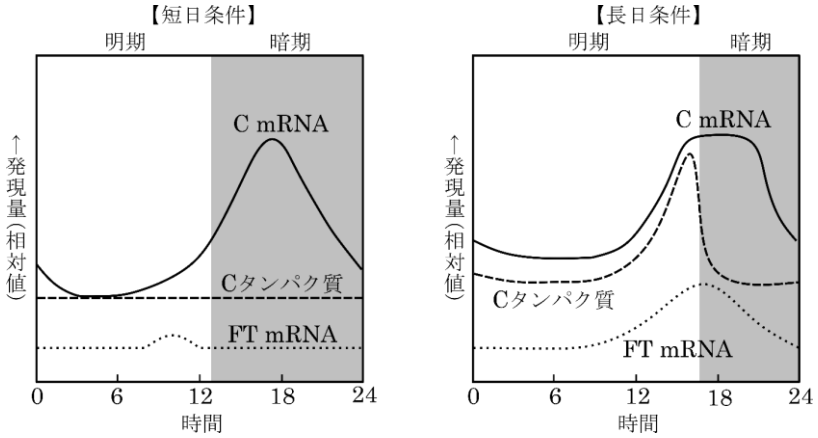


図３

暗期には，日長条件に関わらず遺伝子 C の［ス］は促進されているが，［セ］が抑制されているか，または［ソ］が分解されていると考えられる。一方明期には，長日条件では［セ］の抑制または［ソ］の分解が解除されており，遺伝子 C の［ス］が促進されるにつれて C タンパク質が蓄積する。C タンパク質は FT 遺伝子の発現を［タ］することから，シロイヌナズナでは長日条件で花芽が形成される。

	ス	セ	ソ	タ
①	転写	翻訳	C mRNA	促進
②	転写	翻訳	C mRNA	抑制
③	転写	翻訳	C タンパク質	促進
④	転写	翻訳	C タンパク質	抑制
⑤	翻訳	転写	C mRNA	促進
⑥	翻訳	転写	C mRNA	抑制
⑦	翻訳	転写	C タンパク質	促進
⑧	翻訳	転写	C タンパク質	抑制

問 10　下線部（6）について，シロイヌナズナを用いて春化に関わる遺伝子 M および遺伝子 V の役割を調べるために実験１～３を行った。なお，シロイヌナズナでは，遺伝子 V は遺伝子 M の発現を調節すること，および遺伝子 M が FT 遺伝子の発現を調節することがわかっている。

【実験１】

遺伝子 M をノックアウトすると，春化処理なしでも花芽が形成された。

【実験２】

野生型において春化処理の前後で遺伝子 M の発現の有無を調べたところ，春化処理前は発現していたが，春化処理後は発現していなかった。

【実験３】

遺伝子 V をノックアウトすると，春化処理後も遺伝子 M は発現していた。

次の A～F のうち，シロイヌナズナの春化処理に関して，実験１～３から考察できることとして適切な文を過不足なく含む組合せとして最も適切なものを，次の選択肢①～⑧のうちから一つ選べ。　**解答番号** 32

A　遺伝子 M は花芽形成を促進する。
B　遺伝子 M は花芽形成を抑制する。
C　春化処理によって遺伝子 V の発現は促進される。
D　春化処理によって遺伝子 V の発現は抑制される。
E　遺伝子 V は FT 遺伝子の発現を促進する。
F　遺伝子 V は FT 遺伝子の発現を抑制する。

① A，C，E　② A，C，F　③ A，D，E　④ A，D，F
⑤ B，C，E　⑥ B，C，F　⑦ B，D，E　⑧ B，D，F

第４問　次の［文１］,［文２］を読み，下の設問に答えよ。

［文１］

生物が進化するためには，突然変異によって個体に生じた遺伝的変異が集団に広がる必要がある。集団に含まれる遺伝子全体を［　ア　］といい，進化の実体は［　ア　］における遺伝子頻度の変化である。

突然変異によって個体の形質が変化すると，その形質をもつ個体が生存や繁殖において有利になることがある。そのような個体は，その形質をもたない個体よりも次世代に残す子の数が多くなり，突然変異を起こした遺伝子の遺伝子頻度は高くなる。これを［　イ　］という。

一方，突然変異によってDNAの塩基配列が変化しても，タンパク質のアミノ酸配列が変化しないことも多い。このような突然変異は個体の生存や繁殖に影響しないため，変異した遺伝子が次世代に伝わる確率は偶然によって決まる。これを［　ウ　］という。一般に遠縁な生物種ほど同じタンパク質のアミノ酸配列や遺伝子DNAの塩基配列が互いに大きく異なっていることが知られているが，これはこのような突然変異が遺伝子に蓄積した結果である。同じタンパク質のアミノ酸配列やDNAの塩基配列の変化が一定の速度で起こると仮定すると，それらを比較することにより，生物種間の類縁関係を表す系統樹を描くことができる。

ある生物種の集団の遺伝子頻度が変化する過程で，新たな生物種が生じることがある。南米大陸エクアドルの西方約1000 kmの太平洋上にあるガラパゴス諸島には，(1)ダーウィンフィンチと呼ばれる鳥類が生息している。ダーウィンフィンチ類はさまざまな形質をもつ約14の近縁な種からなるが，これらは南米大陸に生息する単一の種から生じたものとされる。これらの種では，例えばくちばしの形が異なっているが，これは利用する食物の違いによるものと考えられている。ダーウィンフィンチ類は，同じ種の集団内でくちばしの長さや厚さ（付け根の部分の高さ）の変異が大きく，このような種分化が比較的起こりやすいと考えられている。

問１　文中の［ア］～［ウ］にあてはまる語句の組合せとして最も適切なものを，次の選択肢①～⑧のうちから一つ選べ。　**解答番号** 33

	ア	イ	ウ
①	遺伝的多様性	遺伝的浮動	遺伝子重複
②	遺伝的多様性	遺伝的浮動	自然選択
③	遺伝的多様性	自然選択	遺伝子重複
④	遺伝的多様性	自然選択	遺伝的浮動
⑤	遺伝子プール	遺伝的浮動	遺伝子重複
⑥	遺伝子プール	遺伝的浮動	自然選択
⑦	遺伝子プール	自然選択	遺伝子重複
⑧	遺伝子プール	自然選択	遺伝的浮動

問２　生物の進化の要因として誤っているものを，次の選択肢①～⑦のうちから一つ選べ。　**解答番号** 34

① 環境変異	② 形質置換	③ 性選択
④ 染色体数の倍加	⑤ 染色体の乗換え	⑥ 地理的隔離
⑦ びん首効果		

問３　有性生殖を行う生物では，減数分裂において多様な配偶子が生じ，進化につながることがある。有性生殖を行うある生物において，赤眼の遺伝子 *A* は白眼の遺伝子 *a* に対して顕性（優性）であり，黒体色の遺伝子 *B* は黄体色の遺伝子 *b* に対して顕性であるとする。この生物において，遺伝子 *A* と *b* が連鎖していることを示す例として最も適切なものを，次の選択肢①～⑥のうちから一つ選べ。ただし，遺伝子の組換えは生じないものとする。　**解答番号** 35

① 遺伝子型 *AAbb* の個体と *aaBB* の個体を親にもつ子の形質は，すべて赤眼・黒体色であった。

② 遺伝子型 *AAbb* の個体と *aaBB* の個体を親にもつ子の形質は，赤眼・黒体色：白眼・黄体色＝1：1 であった。

③ 遺伝子型 *AAbb* の個体と *aaBB* の個体を親にもつ子の形質は，赤眼・黒体色：白眼・黄体色＝3：1 であった。

④ 遺伝子型 *AaBb* の個体を両親にもつ子の形質は，赤眼・黒体色：白眼・黄体色＝3：1 であった。

⑤ 遺伝子型 *AaBb* の個体を両親にもつ子の形質は，赤眼・黒体色：赤眼・黄体色：白眼・黒体色＝2：1：1 であった。

⑥ 遺伝子型 *AaBb* の個体を両親にもつ子の形質は，赤眼・黒体色：赤眼・黄体色：白眼・黒体色：白眼・黄体色＝9：3：3：1 であった。

問４　表１は，4 種の生物のシトクロム c（電子伝達系を構成するタンパク質の１つ）のアミノ酸配列を比較し，生物間のアミノ酸置換数（異なるアミノ酸の数）を示したものである。表１の生物種について，アミノ酸置換数から分子系統樹を描くと図１のようになる。表１および図１について，以下の（ⅰ），（ⅱ）に答えよ。

表１

	生物種 A	生物種 B	生物種 C	生物種 D
生物種 A				
生物種 B	55			
生物種 C	16	54		
生物種 D	34	60	27	

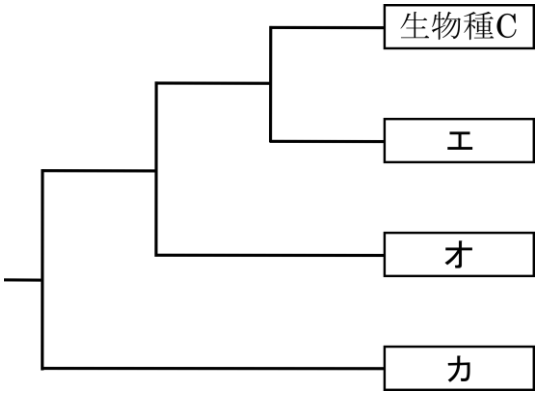


図 1

（ｉ）　図 1 の [エ] ～ [カ] にあてはまる生物種の組合せとして最も適切なものを，次の選択肢①～⑥のうちから一つ選べ。　**解答番号** 36

	[エ]	[オ]	[カ]
①	生物種 A	生物種 B	生物種 D
②	生物種 A	生物種 D	生物種 B
③	生物種 B	生物種 A	生物種 D
④	生物種 B	生物種 D	生物種 A
⑤	生物種 D	生物種 A	生物種 B
⑥	生物種 D	生物種 B	生物種 A

（ⅱ）　生物種 C と [エ] の種が 2 億年前に共通の祖先から分岐したとすれば，生物種 C と [エ] の共通祖先と [オ] の種が分岐したのは何年前と推定されるか。最も適切なものを，次の選択肢①～⑥のうちから一つ選べ。

解答番号 37

①	約 1 億 9000 万年前	②	約 3 億年前
③	約 3 億 8000 万年前	④	約 7 億年前
⑤	約 7 億 6000 万年前	⑥	約 14 億年前

問５　下線部（1）について，ダーウィンフィンチに関する以下のような観察がある。以下の文中の［キ］～［コ］にあてはまる語句の組合せとして最も適切なものを，次の選択肢①～⑧のうちから一つ選べ。　**解答番号** 38

種子食性のダーウィンフィンチ１種のみが生息する島 M で，干ばつの起こった年の前後に，この種の個体数とくちばしの厚さを測定した。その結果，この種の個体数は干ばつ後に大きく減少しており，くちばしの厚さの平均値はいずれも大きくなっていることがわかった。なお，一般に干ばつが起こると柔らかい種子は実りにくくなることが知られている。

一方，種子食性のダーウィンフィンチ２種（種 a，b とする）が生息する島１と，それぞれの種が単独で生息する近隣の島２と島３で，島に生息する種のくちばしの厚さを測定したところ，図２のようになった。この３つの島の環境条件はよく似ており，種子をつける植物種も共通であった。

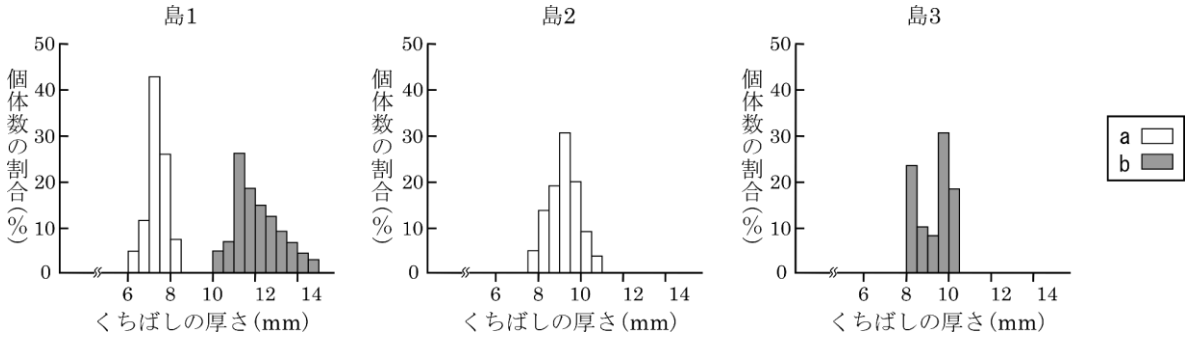


図２

島 M のダーウィンフィンチは干ばつによって食物となる種子が不足し，個体数が減少したが，くちばしが厚い個体は［キ］種子を利用できるため，生き残ってより多くの子を残したと考えられる。また，島１では，それぞれの種が単独で生息する島２，島３と比べて種 a のくちばしがより［ク］，種 b のくちばしがより［ケ］なっているが，これは両種が［コ］を避けるために，利用する種類や大きさを変化させたためと考えられる。このように得られる食物の変化や，個体間の関係に対応して，異なる形質をもつ個体の間で生存率が変動し，種分化が起こることがある。

	キ	ク	ケ	コ
①	固い	厚く	薄く	交雑
②	固い	厚く	薄く	種間競争
③	固い	薄く	厚く	交雑
④	固い	薄く	厚く	種間競争
⑤	柔らかい	厚く	薄く	交雑
⑥	柔らかい	厚く	薄く	種間競争
⑦	柔らかい	薄く	厚く	交雑
⑧	柔らかい	薄く	厚く	種間競争

［文２］

生態系を構成する生物群集は，物質循環や食物連鎖などの観点から，生産者と消費者に大別されている。生産者は太陽からの［サ］エネルギーを吸収して［シ］エネルギーとして有機物に蓄積している。生産者が合成した有機物の一部は，生産者を摂食する消費者に渡される。消費者の遺体や排出物に含まれる有機物は，菌類や細菌類などの一部の消費者（分解者）により無機物に分解され，再び生産者に利用される。有機物に含まれる［シ］エネルギーは，最終的に［ス］エネルギーとして放出され，生態系内を循環［セ］。

生産者が一定期間に合成した有機物の総量を総生産量といい，これから呼吸量を差し引いた量を純生産量という。また，消費者が生産者または前の栄養段階の消費者を摂食した量を摂食量，摂食量のうち利用されずに排出された量を不消化排出量，摂食量から不消化排出量を差し引いた量を同化量という。

前の栄養段階のエネルギーが次の栄養段階に利用される割合を示したものをエネルギー効率（同化効率）という。また，各栄養段階の個体数や現存量，エネルギー量などを栄養段階の順に積み上げて図で表すと，一般にはピラミッド型になる。これを生態ピラミッドという。

問６　文中の［サ］～［セ］にあてはまる語句の組合せとして最も適切なものを，次の選択肢①～⑧のうちから一つ選べ。　**解答番号** 39

	サ	シ	ス	セ
①	熱	化学	光	する
②	熱	化学	光	しない
③	熱	熱	熱	する
④	熱	熱	熱	しない
⑤	光	化学	熱	する
⑥	光	化学	熱	しない
⑦	光	熱	光	する
⑧	光	熱	光	しない

問７　エネルギー効率と生態ピラミッドに関する文として誤っているものを，次の選択肢①～⑤のうちから一つ選べ。　**解答番号** 40

① 一般に生産者のエネルギー効率は低く，発達した森林でも数％である。
② 一般にエネルギー効率は上位の栄養段階ほど高くなる傾向がある。
③ 個体数を積み上げた生態ピラミッドは逆転することがある。
④ 現存量を積み上げた生態ピラミッドは逆転しない。
⑤ 一定期間に獲得したエネルギー量を積み上げた生態ピラミッドは逆転しない。

問８　表２はある森林における生産者の物質生産について調べたものである。この生産者の総生産量の 80％が呼吸量として消費されており，生産者の枯死量と分解者による分解量は等しく，一次消費者による被食量は無視できるほど小さかった。なお，各々の量はすべて二酸化炭素に換算して示している。表２について，以下の（ⅰ），（ⅱ），（ⅲ）に答えよ。

表２

現存量	枯死量	成長量	被食量
30 kg/m^2	1.1 kg/m^2・年	0.4 kg/m^2・年	0.0 kg/m^2・年

（ⅰ）　一般的な森林の現存量と純生産量に関する文として最も適切なものを，次の選択肢①～⑥のうちから一つ選べ。　**解答番号** 41

① 遷移の進行とともに，現存量は極相まで増加し続け，純生産量も極相まで増加し続ける。
② 遷移の進行とともに，現存量は極相まで増加し続けるが，純生産量は遷移の途中まで増加し，極相になる前に増加が止まり以後はほぼ一定になる。
③ 遷移の進行とともに，現存量は極相まで増加し続けるが，純生産量は遷移の途中まで増加し，極相になる前に増加が止まり以後は次第に減少する。
④ 遷移の進行とともに，現存量は遷移の途中まで増加し，極相になる前に増加が止まり以後はほぼ一定になるが，純生産量は極相まで増加し続ける。
⑤ 遷移の進行とともに，現存量は遷移の途中まで増加し，極相になる前に増加が止まり以後はほぼ一定になる。純生産量も遷移の途中まで増加し，極相になる前に増加が止まり以後はほぼ一定になる。
⑥ 遷移の進行とともに，現存量は遷移の途中まで増加し，極相になる前に増加が止まり以後はほぼ一定になるが，純生産量は遷移の途中まで増加し，極相になる前に増加が止まり以後は次第に減少する。

（ⅱ）　表２の森林における生産者の呼吸量はいくらか。最も適切なものを，次の選択肢①～⑨のうちから一つ選べ。　**解答番号** 42

① 0.4 kg/m²・年	② 1.1 kg/m²・年	③ 1.5 kg/m²・年
④ 6.0 kg/m²・年	⑤ 7.5 kg/m²・年	⑥ 30.0 kg/m²・年
⑦ 30.4 kg/m²・年	⑧ 36.0 kg/m²・年	⑨ 37.5 kg/m²・年

（ⅲ）　いま，表２の森林を伐採して，新たな植物が生育しない工業用地とした。伐採後の１年間では，森林を伐採しなかった場合と比べて，大気中の二酸化炭素は，もともと森林だった土地１ m² あたりいくら増えると考えられるか。最も適切なものを，次の選択肢①～⑨のうちから一つ選べ。なお，森林の植物体はすべて焼却し，生じた二酸化炭素はすべて大気中に放出されたものとする。また，工業用地は CO_2 を生じないものとする。　**解答番号** 43

① 0.4 kg	② 1.1 kg	③ 1.5 kg
④ 6.0 kg	⑤ 7.5 kg	⑥ 30.0 kg
⑦ 30.4 kg	⑧ 36.0 kg	⑨ 37.5 kg