三重大学

2021 年度　前期日程　生物

（2 科目　150 分）

1 次の文章を読み，**問** 1〜**問** 11 の設問に答えよ。

DNA は原核生物から真核生物にいたる生物にとって生存上必須の高分子である。DNA は，ヌクレオチドがリン酸を介したホスホジエステルによって連結しており，塩基の並びによって遺伝情報が保存されている。塩基には 4 種類あり，A(アデニン) と T(チミン) は［　①　］ヶ所，G(グアニン) と C(シトシン) は［　②　］ヶ所の水素結合を形成し，2 本の DNA 鎖による二重らせんを構築している。(a) 細胞周期における DNA の複製では，(b) 各々の DNA 鎖の両方が鋳型となって複製され，もとの DNA の一方のヌクレオチド鎖が複製された DNA にそのまま受け継がれる。

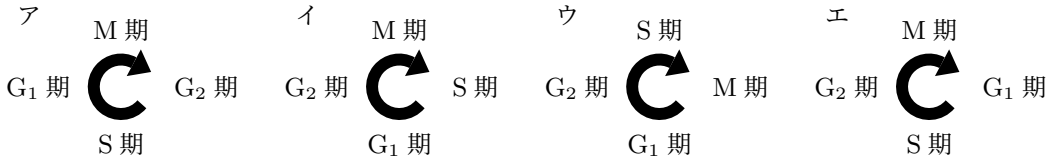
特定の遺伝子を研究あるいは利用するためには，ゲノムから目的の遺伝子の DNA 配列を単離・増幅する必要がある。このような目的で，ある特定の遺伝子を単離して増やすことは一般に［　③　］と呼ばれる。DNA はまた，(c) 生物を用いないで，試験管内で指数関数的に増幅する事ができ，［　③　］にとって重要な技術である。

ヒトの細胞では，(d) 遺伝情報の約 99.75％が DNA の塩基配列として核内に収められている。DNA 上の遺伝情報は，(e)RNA に転写され，タンパク質に翻訳される。これを (f) 遺伝子の発現と呼ぶ。したがって，DNA の塩基配列が野生型と異なる場合，結果的に産物タンパク質の機能が野生型のそれと異なることがあり，種々の遺伝性疾患の原因となり得る。

例えば，ヒト 17 番染色体に位置する，腫瘍抑制遺伝子である *TP53* は，DNA 損傷に応答して活性化し，細胞周期停止や (g) アポトーシスを誘導して細胞のがん化を抑制している。(h)*TP53* の病的変異は，産物タンパク質である p53 の (i) 機能を喪失させ，人生の早い時期からがんを発症しやすいことが分かっている。この場合は，(j)2 本存在する 17 番染色体の片方に，生まれつき病的変異がみられる。

問 1　［　①　］，［　②　］に適切な自然数を，［　③　］に適切な語句を入れよ。

問 2　下線部 (a) について，一般に 4 つの期に分けて説明される。4 期の適切な順番を下図より 1 つ選び，ア〜エで答えよ。



問 3　下線部 (b) の複製方式を何と呼ぶか記せ。また，1958 年に，この複製機序を窒素の同位体を使用した巧みな実験で証明した研究者を，以下から 2 人選び，A〜H で答えよ。

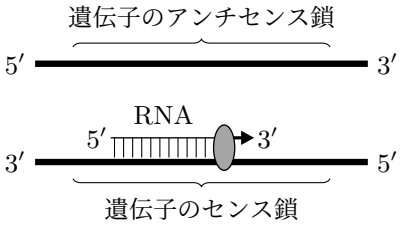
A. ジェームズ・ワトソン　　B. マシュー・メセルソン
C. 岡崎令次　　D. トーマス・ハント・モーガン
E. マーシャル・ニーレンバーグ　　F. フランクリン・スタール
G. フランシス・クリック　　H. グレゴール・メンデル

問 4　下線部 (c) について，1980 年代初頭の方法では，手作業でサイクルごとに大腸菌由来の DNA ポリメラーゼを追加する必要があったが，1980 年代後半以降の方法では，*Taq* ポリメラーゼという DNA ポリメラーゼが使用され，このような煩雑な操作の必要はなくなった。*Taq* ポリメラーゼが持つ，大腸菌由来 DNA ポリメラーゼにはない特徴を 30 文字以内で記せ。

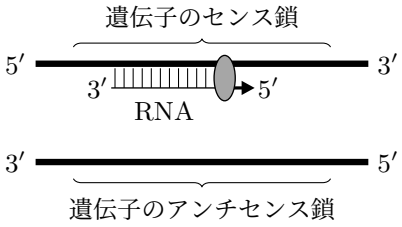
問 5　下線部 (d) について，ヒトの場合，遺伝情報の残りの約 0.25 % が保存されている細胞小器官の名称を記せ。

問 6　下線部 (e) の過程として適切なものを下図より 1 つ選び，ア〜カで答えよ。なお，アンチセンス鎖は，非コード鎖，鋳型鎖，あるいはマイナス鎖などと呼ばれることもある。

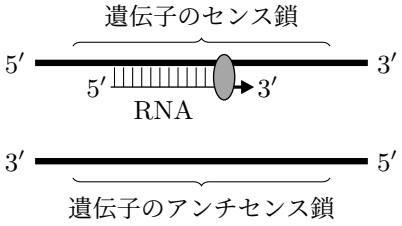
ア



イ

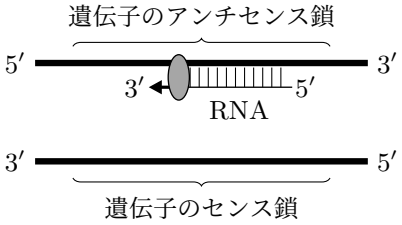


ウ

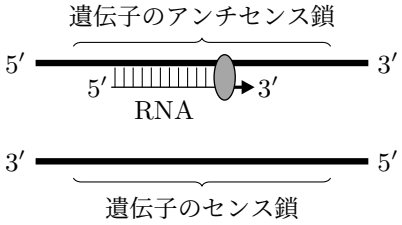


エ．問題訂正により削除

オ



カ



問 7　下線部 (f) の過程について，核内遺伝子の発現プロセスの順序として適切なものを下記より選び，ア〜クで答えよ。ただし①〜⑧は，① mRNA，② mRNA 前駆体，③ DNA ポリメラーゼの関与，④ RNA ポリメラーゼの関与，⑤ DNA リガーゼの関与，⑥リボソームの関与，⑦スプライシング，⑧核外への移送，を各々意味する。

ア．DNA → ④ → ② → ⑧ → ⑦ → ① → ⑤ → タンパク質
イ．DNA → ③ → ② → ⑧ → ① → ⑦ → ⑥ → タンパク質
ウ．DNA → ④ → ② → ⑧ → ⑦ → ① → ⑥ → タンパク質
エ．DNA → ⑥ → ② → ⑧ → ⑦ → ① → ④ → タンパク質
オ．DNA → ⑤ → ① → ⑦ → ② → ⑧ → ④ → タンパク質
カ．DNA → ③ → ① → ⑧ → ⑦ → ② → ④ → タンパク質

キ． DNA → ③ → ② → ⑧ → ⑦ → ① → ⑥ → タンパク質

ク． DNA → ④ → ② → ⑦ → ① → ⑧ → ⑥ → タンパク質

問 8　下線部 (g) について，アポトーシスとして最も適切な記述を下記より 2 つ選び，ア〜カで答えよ。

ア． 細胞・ミトコンドリアの膨大化を特徴とする。

イ． 細胞へのアミノ酸の供給が不足すると，自己成分を分解してアミノ酸源とする。

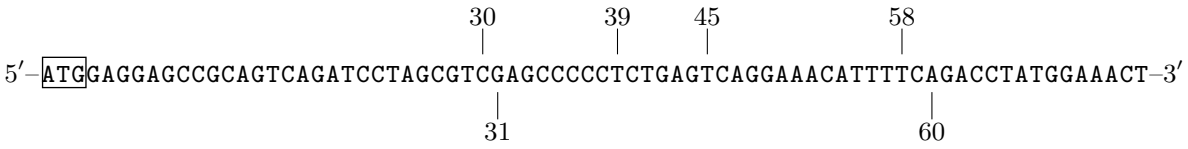
ウ． 正常な個体の発生に必須な機構である。

エ． 自食作用とも呼ばれ，リソソームからの酵素の供給を受ける。

オ． 周囲の細胞に影響を与えることなく縮小・断片化して死んでいく。

カ． 放出された物質によって周囲に炎症が起こる。

問 9　下図はヒト *TP53* 遺伝子のセンス鎖の塩基配列の一部を示している。四角で囲った ATG は開始コドンに相当する。下線部 (h) について，遺伝暗号表を参考にして，病的変異の可能性が高い変異を下記より 2 つ選び，ア〜カで答えよ。



遺伝暗号表

1 文字目	2 文字目				3 文字目
	U	C	A	G	
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
	UUC フェニルアラニン	UCC セリン	UAC チロシン	UGC システイン	C
	UUA ロイシン	UCA セリン	UAA 終止	UGA 終止	A
	UUG ロイシン	UCG セリン	UAG 終止	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 ロイシン	CCC プロリン	CAC ヒスチジン	CGC アルギニン	C
	CUA ロイシン	CCA プロリン	CAA グルタミン	CGA アルギニン	A
	CUG ロイシン	CCG プロリン	CAG グルタミン	CGG アルギニン	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 イソロイシン	ACC トレオニン	AAC アスパラギン	AGC セリン	C
	AUA イソロイシン	ACA トレオニン	AAA リシン	AGA アルギニン	A
	AUG メチオニン *	ACG トレオニン	AAG リシン	AGG アルギニン	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 バリン	GCC アラニン	GAC アスパラギン酸	GGC グリシン	C
	GUA バリン	GCA アラニン	GAA グルタミン酸	GGA グリシン	A
	GUG バリン	GCG アラニン	GAG グルタミン酸	GGG グリシン	G

＊ 開始コドン

ア． 30 番目の C から T への置換

イ． 58 番目の T の欠失

ウ． 60 番目の A から T への置換

エ． 31 番目の G から C への置換

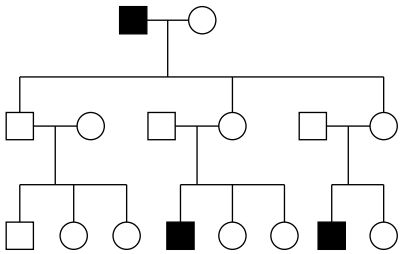
オ． 39 番目の T から G への置換

カ． 45 番目の T から C への置換

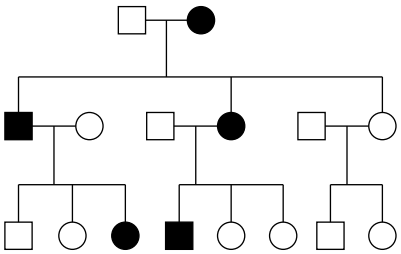
問 10 下線部 (i) について，細胞内でタンパク質 p53 は，*TP53* 遺伝子の産物であるポリペプチド鎖が 4 つ組み合わさった集合体である四量体として機能している事が分かっている。2 本ある *TP53* 遺伝子のうち片方のみに病的変異がある場合，細胞内で形成される四量体全体のうち，機能を有する四量体の割合を分数で記せ。ただし，病的変異を有する対立遺伝子から産生されるポリペプチド鎖を 1 つでも含めば四量体は機能を喪失し，両対立遺伝子からの発現量は等しく，かつ，いずれの対立遺伝子からの産物も四量体形成に寄与する。

問 11 下線部 (j) について，遺伝形式として不適切な家系図を下記より 2 つ選び，ア〜エで答えよ。ただし，□は男性，○は女性，黒塗りは発症者を意味し，遺伝形式に基づいた発症可能性を有する人は 100 % 発症し，かつ，新生突然変異はないものとする。

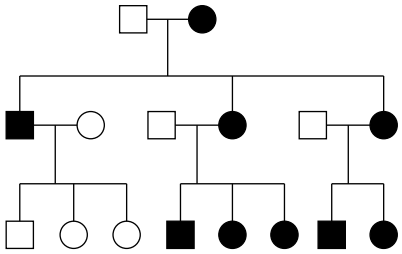
ア



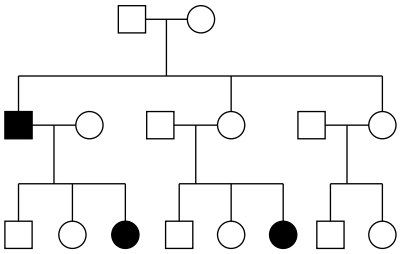
イ



ウ



エ



2 次の文章を読み，**問** 1〜**問** 6 の設問に答えよ。

神経系を構成する基本単位は，ニューロン (神経細胞) である。ニューロンは，核を持つ［ ① ］とそこから伸びる多数の突起からなり，長く伸びた突起を軸索，枝分かれした短い突起を［ ② ］という。ニューロンが刺激を受けると，その情報は電気的な変化として軸索に沿って伝えられる。

ニューロンを取り出し，軸索の内側に電解液で満たした測定電極を挿入し，軸索の外側に基準電極を置くことで，細胞内外の電位差 (膜電位) を測定することができる。何も刺激を受けていない状態では，細胞の内側は負 (−)，細胞の外側は正 (+) に帯電しており，これを静止電位という。細胞が刺激されると，刺激を受けた細胞膜の内側が外側よりも正の値となるが，電位はすぐに元の静止電位に戻る (図 1)。この一連の電位変化を活動電位といい，活動電位が発生することを興奮という。興奮が起こると，興奮部分とその隣接部分との間に電位差が生じ，［ ③ ］が流れる。これが刺激となって隣接部分が興奮して，(a) 次々と興奮が軸索上を伝わっていく。

興奮がニューロンの軸索先端まで伝わると，末端付近の細胞膜の［ ④ ］チャネルが開き，［ ④ ］が細胞内に流入する。流入した［ ④ ］により［ ⑤ ］内の神経伝達物質が細胞外に放出され，隣接するニューロンへ興奮が伝わる。交感神経から放出される主要な神経伝達物質として［ ⑥ ］がある。

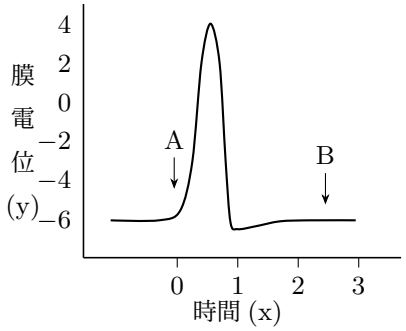


図 1

問 1　①〜⑥に当てはまる適切な語句を答えよ。

問 2　図 1 の横軸 (x) と縦軸 (y) の単位として適当なものを以下のア〜エの中からそれぞれ一つ選び，記号で答えよ。

横軸 (x)：　ア．秒　　イ．1/10 秒　　ウ．1/100 秒　　エ．1/1000 秒

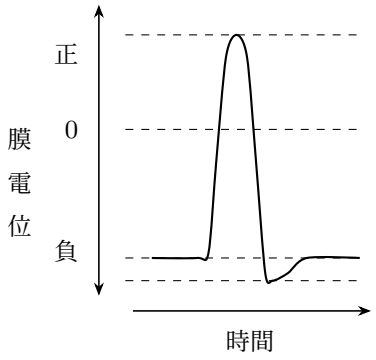
縦軸 (y)：　ア．V　　イ．1/10 V　　ウ．1/100 V　　エ．1/1000 V

問 3　図 1 の時間 A(活動電位が発生した直後) および，時間 B におけるナトリウムポンプ，電位依存性 Na^+ チャネル，電位依存性 K^+ チャネルの状態として最も適切な組み合わせをア〜クの中から一つ選び記号で答えよ。

	ナトリウムポンプ	Na^+ チャネル	K^+ チャネル
ア	はたらいている	開いている	開いている
イ	はたらいている	開いている	閉じている
ウ	はたらいている	閉じている	開いている
エ	はたらいている	閉じている	閉じている
オ	はたらいていない	開いている	開いている
カ	はたらいていない	開いている	閉じている
キ	はたらいていない	閉じている	開いている
ク	はたらいていない	閉じている	閉じている

問 4　活動電位の最大値を，解答欄の図中に両矢印で示せ。

（注）解答欄には次の図が与えられている。



問 5　下線部 (a) について，興奮は軸索上を一定方向に進み，逆戻りすることはない。その理由を 40 文字以内で答えよ。

問 6　1950 年代にホジキン (Hodgikin) とハクスリー (Huxley) は，イカの神経を用いて活動電位の解析を行い，活動電位におけるイオン機構を発見した成果で 1963 年にノーベル生理学・医学賞を受賞した。当時，脊椎動物で同様の研究を行うことは困難であり，無脊椎動物の神経を用いる必要があったといえる。脊椎動物と無脊椎動物の神経構造の違いを述べた上で，ホジキンとハクスリーがイカの神経を用いた理由を説明せよ。

3　次の文章を読み，**問** 1〜**問** 4 に答えよ。

植物は移動能力をもたないため，周辺環境に適応した発生や生育をする。発生や生育の制御は，植物ホルモンと総称される生理活性物質によってなされる。種子が形成された後に成熟する際には［ ① ］の含有量が増加して，貯蔵物質の蓄積と［ ② ］が誘導される。そのため，種子は乾燥に対する耐性を獲得し，胚の活動を停止して［ ③ ］に入る。その後，種子は (a) 周囲の環境条件が適切であれば発芽をする。発芽に光の作用を必要としない種子もある。レタスやシソなどの種子は，吸水後に光を浴びることで発芽を促進させる［ ④ ］という。こうした (b) 光の効果は波長によって異なり，光受容体という光刺激を受容する物質が感知する。種子が受け取る光は周囲の植物にも影響され，(c)［ ④ ］の光受容性はこれらの植物が野外で生育する上で有利な仕組みである。

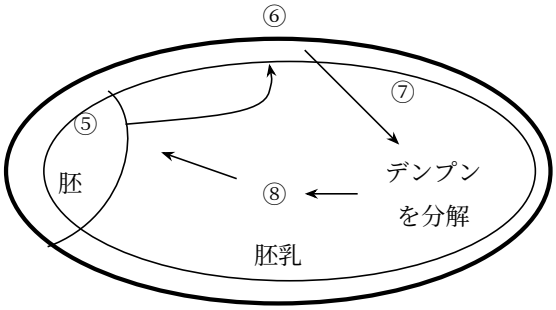
問 1　［ ① ］〜［ ④ ］に当てはまる最も適切な語句を答えよ。

問 2　下線部 (a) について，以下の問いに答えよ。

(1)　光以外で最も重要な環境条件を 3 つ答えよ。

(2)　以下の図を参考に，種子の発芽の仕組みについて［ ⑤ ］〜［ ⑧ ］に当てはまる最も適切な語句を答えよ。

胚で生成された［ ⑤ ］が胚乳を取り囲む［ ⑥ ］の細胞にはたらきかけて，［ ⑦ ］が分泌される。胚乳のデンプンが［ ⑦ ］によって分解され，最終的には［ ⑧ ］にまで分解される。分解によって生じた［ ⑧ ］が胚の成長に利用される。



図

問 3　下線部 (b) について，以下の問いに答えよ。

(1)　赤色光と遠赤色光を吸収する色素タンパク質を何というか答えよ。

(2)　レタスの発芽に対する光の効果について，以下の文章のうち正しいものをすべて記号で答えよ。

ア．赤色光は種子の発芽を促進させる。
イ．遠赤色光は種子の発芽を促進させる。
ウ．赤色光を照射してから遠赤色光を照射すると種子は発芽する。
エ．赤色光を照射してから遠赤色光を照射すると種子は発芽しない。
オ．遠赤色光を照射してから赤色光を照射すると種子は発芽する。
カ．遠赤色光を照射してから赤色光を照射すると種子は発芽しない。

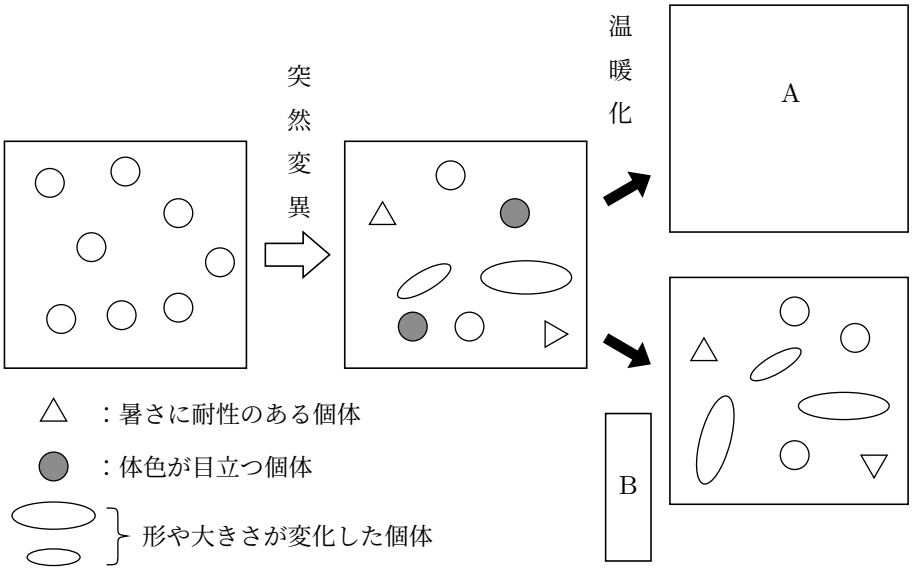
問 4　下線部 (c) について，周囲に他の植物が生い茂る場合，種子が発芽しにくい理由を 50 文字以内で述べよ。ただし，光合成，赤色光，遠赤色光を必ず用いること。

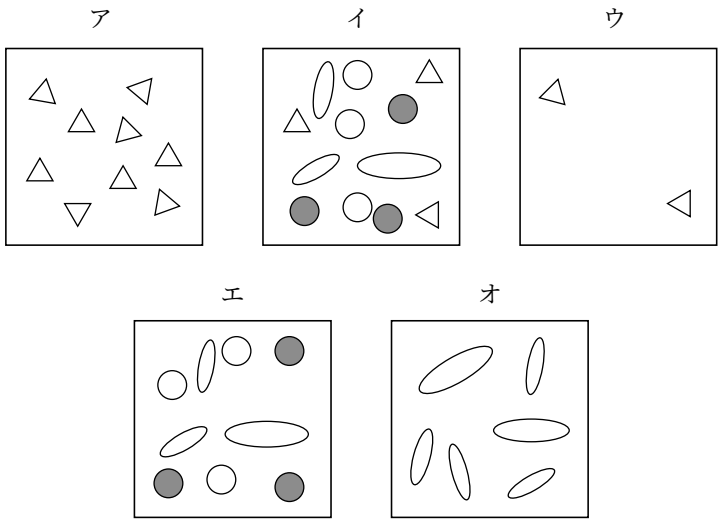
4 生物の進化のしくみに関する次の文章を読み，**問** 1〜**問** 3 に答えよ。

ある個体に突然変異が生じた場合，その生息環境において生存や繁殖に有利または不利となることがある。このような突然変異を起こした遺伝子が親から子に伝わると，(a) 環境への適応の程度によって，世代を重ねるごとにこの遺伝子をもつ個体数が集団内で変化する。このように，集団内の個体のうち，生存や繁殖に有利な形質をもつものが次世代に多くの個体を残すことを自然選択という。自然選択の結果，(b) ある集団が環境に適応した形質をもつ集団になる。

自然選択は非生物的環境要因だけでなく，生物間の相互作用も要因となる。例えば，(c) 異なる種の生物どうしが，生存や繁殖に影響を及ぼしあいながら進化する現象を共進化という。

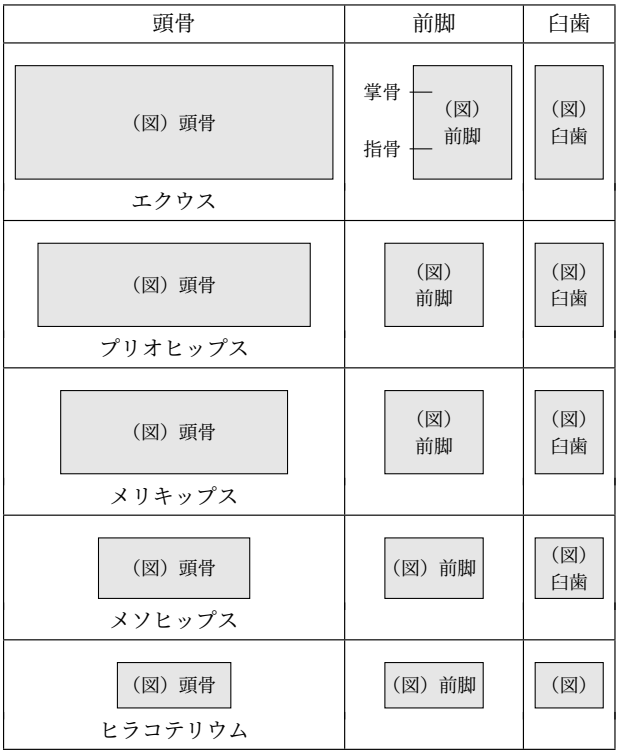
問 1　次の図は下線部 (a) の例として，ある生物の個体群の遺伝子構成の変化を示したものである。図中の黒矢印は選択圧を示している。自然選択が起こるのに十分な時間が経過したとして，空欄 A に当てはまる個体群の変化として最も適切なものを，下のア〜オから選べ。また，空欄 B に当てはまる選択圧を答えよ。



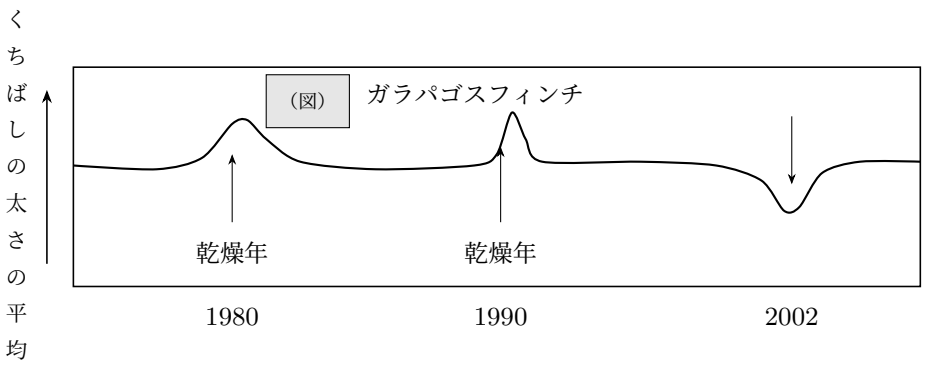


問 2　次の図を参考にして，下線部 (b) の例を記した以下の文章の［　①　］～［　⑥　］にあてはまる適切な語句を答えよ。

右の図は北米におけるウマの化石を年代順に並べたものである。新生代古第三紀のなかごろに起こった森林の衰退に伴って，草原で速く走るのに適した指の［　①　］や大形のからだ，［　②　］を食べるのに適した［　③　］臼歯への変化が生じた。



下の図は，ある島のガラパゴスフィンチで観察されたくちばしの太さの経年変化を示したものである。1980 年と 1990 年に島で干ばつが起こった際には，くちばしが太い個体の方が［　④　］しやすかったことがわかる。一方，2002 年はこの島で［　⑤　］が起こったため，食物である種子のサイズが［　⑥　］変化し，くちばしが細くなったと考えられる。



問 3　下線部 (c) の例として花と訪花昆虫がある。管状花などの長い花と，ガの仲間などの長い口器をもった昆虫の関係は，共進化によるものであると考えられている。この関係にみられる花と昆虫それぞれの利益を答えよ。

5 次の文章を読み，**問** 1〜**問** 3 の設問に答えよ。

ある個体群に関して生存に必要な資源に制限がある場合，個体間で競争が起こり個体数もある一定の数に制限されることがある。このように個体数によって個体群の成長に制限がかかることを［ ① ］と言う。この結果，例えば植物の場合，最終収量一定の法則と呼ばれる現象がみられる。

個体群に存在する遺伝子全体のことを［ ② ］と呼び，ある条件のもとでは経時的に［ ② ］内の遺伝子頻度が変化しないことが知られている。これを，ハーディー・ワインベルグの法則と呼ぶ。

問 1　［ ① ］，［ ② ］に入る適切な用語を答えよ。

問 2　最終収量一定の法則が満たされているとする。個体数が x の時 1 個体あたり H の収量が得られたとすると，同じ条件で個体数 y を育てた場合，1 個体あたりの収量がいくらになるか答えよ。

問 3　ある個体群においてハーディー・ワインベルグの法則が満たされており，1 組の対立遺伝子 L，M があり，ある世代 t における L，M の遺伝子頻度がそれぞれ $p(t)$，$1-p(t)$ であったとする。

(1)　遺伝子型 LL，LM，MM の頻度を $P(t)$，$Q(t)$，$R(t)$ として，$p(t)$ を用いて表せ。

(2)　次世代の L 遺伝子の頻度 $p(t+1)$ が $p(t)$ となることを示せ。

(3)　ある世代 s において，遺伝子型 LM を持つ個体の適応度が 0 に変化し，それ以外の遺伝子型は適応度が変化しない場合，$s+1$ 世代の L 遺伝子の頻度 $p(s+1)$ を $p(s)$ を用いて表せ。

(4)　(3) の状態が，十分に長い時間継続した場合，L 遺伝子の頻度を $p(\infty)$ として，取りうる値を全て答えよ。