Ⓛ

問　題　訂　正

理科『生物』

訂正箇所	１４７ページ　第３問　問１ 上から３行目
誤	…変異体（以下，変異体Ｘ）の卵から発生した幼虫は，…
正	…変異体（以下，変異体Ｘ）では，幼虫は，…

生　　物

（解答番号 1 ～ 25 ）

第 1 問　人類進化に関する次の文章を読み，後の問い（問 1 ～ 4 ）に答えよ。（配点　20）

(a)現生のヒト（ホモ・サピエンス）の直接の祖先は，アフリカ大陸で誕生した。その一部がアフリカを出て，およそ 7 万～ 5 万年前にユーラシア大陸に進出し，(b)地球上の様々な地域へと広がった。他方，ヒトに最も近縁であり，絶滅したネアンデルタール人も，ユーラシア大陸に進出していた。近年の(c)塩基配列解析技術の発展により，ネアンデルタール人のゲノムも解読され，現生のヒトのゲノムに，過去にネアンデルタール人と交雑していたことを示す領域が存在することが明らかになった。さらに最近の研究から，(d)痛みの受容の個人差には，ネアンデルタール人由来の遺伝子 S が関与していることが分かってきた。

問 1　下線部(a)に関連して，人類の進化に関する記述として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。 1

① ゴリラからチンパンジーへ，チンパンジーからヒトへ進化した。

② ネアンデルタール人よりも前に出現した人類も，ユーラシア大陸に進出した。

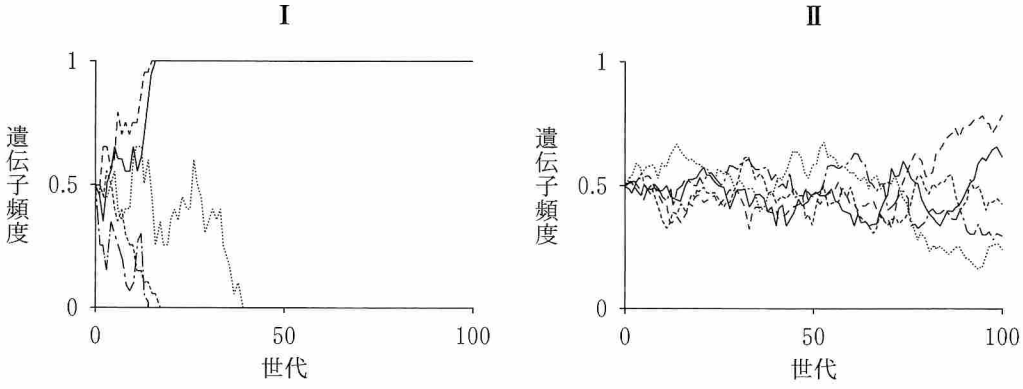
③ ホモ属（ヒト属）の誕生とともに，直立二足歩行が始まった。

④ ホモ属（ヒト属）の進化の過程で，脳容積は変化していない。

問 2　下線部(b)に関連して，ヒトは世代を経て，対立遺伝子の頻度の変化を経験してきた。次の(1)・(2)に答えよ。

(1)　集団の大きさは，中立な対立遺伝子の頻度の変化に影響を与える。大きい集団と小さい集団のそれぞれで，100 世代の遺伝子頻度の変化を 5 回シミュレーションし，その結果を図 1 に示した。図 1 から読み取れる，後の文章中の［ア］・［イ］に入る語句の組合せとして最も適当なものを，後の①～④のうちから一つ選べ。ただし，遺伝子座の数は 1，対立遺伝子の数は 2 とし，新規の突然変異や集団間の遺伝的な交流はないものとする。

［2］



注：最初の頻度は 0.5 とした。

図　1

図 1 のグラフⅠとⅡのうち，大きい集団の遺伝子頻度の変化をまとめた結果は，［ア］である。したがって，集団が大きいとき，遺伝的浮動の影響は［イ］なる。

	ア	イ
①	Ⅰ	大きく
②	Ⅰ	小さく
③	Ⅱ	大きく
④	Ⅱ	小さく

(2)　ハーディ・ワインベルグの法則が成り立つ集団において，潜性の対立遺伝子によって1万人に1人の割合で発症する遺伝病を仮定したとき，その対立遺伝子を持ち発症しない人(保因者)は，1万人当たり約何人いるか。その保因者数として最も適当なものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。ただし，遺伝子座の数は1，対立遺伝子の数は2とする。 [3]

① 1　② 50　③ 100　④ 200　⑤ 500　⑥ 1000

問 3　下線部(c)に関連して，遺伝子 *S* のある位置には現生ヒト型とネアンデルタール人型を区別する一塩基多型(SNP)が存在することが分かってきた。ある人の細胞から DNA を抽出し，PCR 法によって，図 2 に示す 1000 塩基対の DNA 断片を得た。次に，それを現生ヒト型の塩基配列のみを認識する制限酵素 B で切断し，電気泳動法で分離した。鋳型とした DNA が現生ヒト型とネアンデルタール人型のヘテロ接合体由来であったとき，電気泳動の結果，観察される DNA 断片の並びとして最も適当なものを，後の図 3 中の①～⑤のうちから一つ選べ。 4

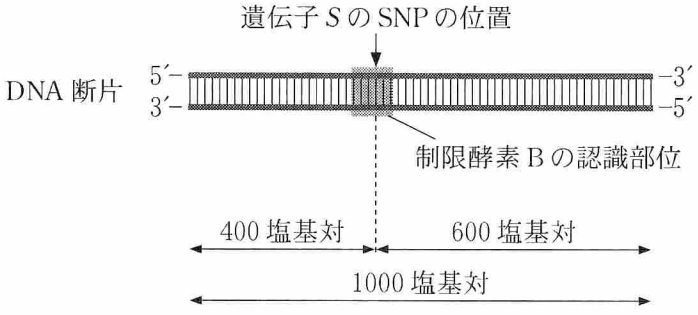


図　2

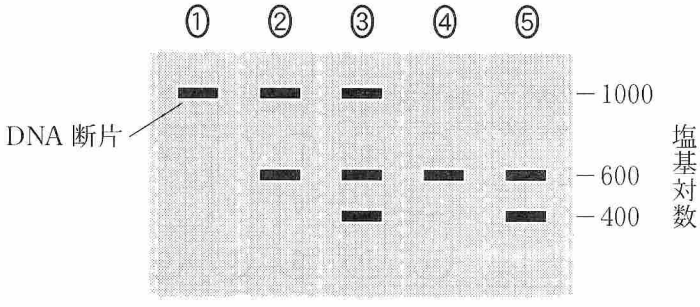


図　3

問 4　下線部(d)について，遺伝子 *S* が指定する痛みの受容体 N のアミノ酸配列には，現生ヒト型とネアンデルタール人型で 3 か所に違いがみられる(表 1)。これらアミノ酸の違いは，ヒトとネアンデルタール人が共存していたときに起こった交雑に由来する。

表　1

アミノ酸配列中の位置	受容体 N のアミノ酸配列の違い	
	現生ヒト型	ネアンデルタール人型
932 番目	メチオニン　[M]	ロイシン　[L]
991 番目	バリン　[V]	ロイシン　[L]
1908 番目	アスパラギン酸　[D]	グリシン　[G]

注：[　]内のアルファベットは，アミノ酸を 1 文字で表した略号。

遺伝子 *S* には，表 1 に示すアミノ酸の違いを様々な組合せで指定する対立遺伝子が存在する。ヨーロッパのある集団の約 36 万人を調べると，それら対立遺伝子を，2461 人が現生ヒト型とのヘテロ接合で持っていた(表 2)。

表　2

アミノ酸配列中の位置	対立遺伝子が指定するアミノ酸の組合せ							
932 番目	L	L	L	L	M	M	M	
991 番目	L	L	V	V	L	L	V	
1908 番目	G	D	G	D	G	D	G	計
人数	1327	149	22	30	0	153	780	2461

注：アルファベットは，アミノ酸を 1 文字で表した略号。

表2に示すアミノ酸の組合せは，交雑後，数百から数千世代を経て誕生したと考えられる。これらアミノ酸の組合せに関する次の文章中の［ウ］～［オ］に入る語句の組合せとして最も適当なものを，後の①～④のうちから一つ選べ。ただし，どのアミノ酸の組合せを持っても子孫は残せるものとする。［5］

［ウ］とMLGを持つ個体の総数と，［エ］とMVGを持つ個体の総数の比較から，932番目と991番目のアミノ酸の違いに対応するSNP間では，991番目と1908番目のアミノ酸の違いに対応するSNP間と比べて，組換えの頻度が［オ］と考えられる。

	ウ	エ	オ
①	LLD	LVD	高　い
②	LLD	LVD	低　い
③	LVD	LLD	高　い
④	LVD	LLD	低　い

生　物

第２問　真核細胞の構造に関する次の文章を読み，後の問い（**問１** ～ **３**）に答えよ。（配点　20）

(a)アクチンフィラメントや微小管は，真核細胞に存在する繊維状の構造である。これらは細胞骨格と呼ばれ，細胞の形態や運動にとって非常に重要である。例えば，微小管は，細胞の形を保つ働きを持つほか，(b)細胞内での物質や細胞小器官の輸送および(c)鞭毛（べんもう）を介した細胞自体の遊泳にも関わっている。

問 1　下線部(a)についての記述として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。 6

① アクチンフィラメントは，アクチンというタンパク質が連結して形成される，管状の構造である。

② 筋原繊維の中では，ミオシン頭部がATPを分解し，アクチンフィラメントを移動させて筋収縮が起こる。

③ サルコメアの末端にあるZ膜付近は，サルコメア中央部と比べてアクチンフィラメントの数が少ないため，顕微鏡で観察すると明るく見える。

④ トロポニンにカルシウムイオンが結合すると，ミオシンがアクチンフィラメントと結合できなくなり，筋収縮が起こらない。

問 2　下線部(b)に関連して，神経の軸索の中には多数の微小管が伸びており，微小管に沿って，神経終末側(以下，遠位)および細胞体側(以下，近位)にタンパク質や脂質を含む小胞が輸送されることで，軸索が伸長し維持されている。小胞の輸送には，図 1 のように，ATP のエネルギーを利用して微小管上を移動するタンパク質(モータータンパク質)が関与する。

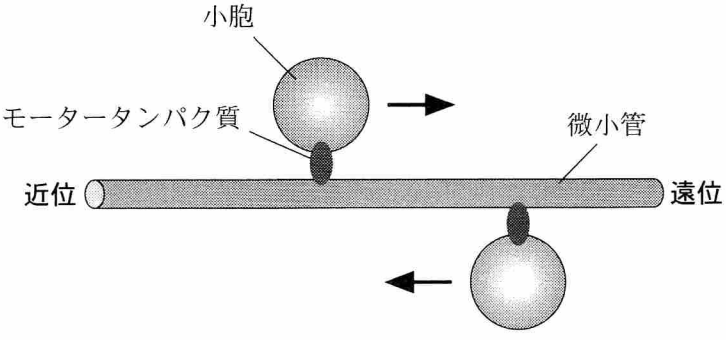


図　1

軸索の中には 2 種類のモータータンパク質 X・Y が存在する。小胞の輸送の仕組みを調べるため，**実験 1** を行った。

実験 1　モータータンパク質と結合する性質を持つ，小胞とほぼ同じ大きさのプラスチック製のマイクロビーズを用意した。神経から精製した微小管に，図 2 左の実験条件Ⅰ～Ⅳの下で，さらに ATP を加えて，マイクロビーズまたは小胞の輸送速度を測定したところ，図 2 右の結果が得られた。ただし，軸索の抽出物には，モータータンパク質 X・Y の両方が含まれ，小胞は含まれていないものとする。また，モータータンパク質の働きは，マイクロビーズとの結合により影響されないものとする。

実験条件	微小管に加えるもの
Ⅰ	精製したモータータンパク質X，マイクロビーズ
Ⅱ	軸索の抽出物，マイクロビーズ
Ⅲ	モータータンパク質Xを除去した軸索の抽出物，マイクロビーズ
Ⅳ	軸索の抽出物，軸索から単離した小胞

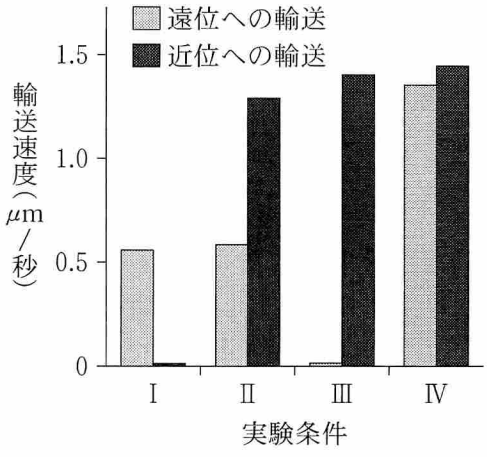


図　2

実験1の結果から考えられることとして適当なものを，次の①～⑥のうちから二つ選べ。ただし，解答の順序は問わない。 7 ・ 8

① モータータンパク質Xと結合したマイクロビーズの輸送速度は，微小管の遠位と近位の両方向でほぼ同じである。

② モータータンパク質X・Yの両方が存在すると，それぞれのモータータンパク質と結合したマイクロビーズの輸送速度は半分程度になる。

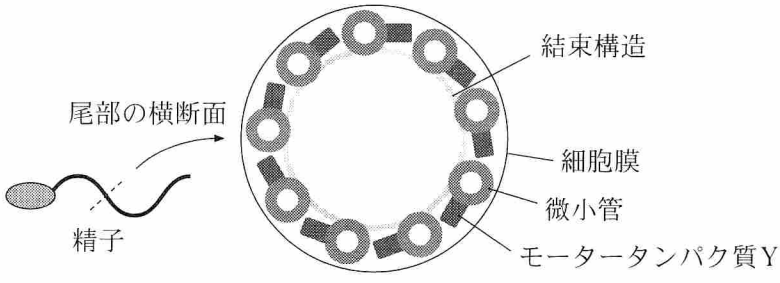
③ モータータンパク質Yは，マイクロビーズを主に微小管の近位方向に輸送する。

④ モータータンパク質Yは，モータータンパク質Xの約2倍の速度で小胞を輸送する。

⑤ 軸索の抽出物の中には，モータータンパク質Yによる小胞の輸送方向を逆転させる因子が存在する。

⑥ 小胞には，モータータンパク質Xによる遠位方向への輸送速度を上昇させる因子が存在する。

問 3　下線部(c)に関連して，精子の尾部は微小管を内部に持つ鞭毛でできており，尾部が屈曲し，屈曲が伝播（でんぱ）することで，精子が遊泳する。図 3 は，尾部の屈曲と，尾部の横断面中の周縁部において，モータータンパク質 Y が結合した微小管同士が，結束構造を介して隣り合う様子を示している。尾部の運動の仕組みを調べるため，**実験 2 ・実験 3** を行った。後の(1)・(2)に答えよ。



注：横断面は，簡略化した周縁部の構造のみを示す。

図　3

実験 2　精子の細胞膜を除去(以下，除膜)すると，尾部は屈曲運動を停止し，まっすぐな状態で静止した。これに ATP を加えると，除膜前と同様の屈曲運動を示した。

実験 3　精子から単離した尾部を除膜し，さらに酵素を加えて結束構造を分解した。これに ATP を加えると，微小管が滑り出てきた(滑り運動)。滑り出た微小管を電子顕微鏡で観察したところ，図 4 のように，モータータンパク質 Y がまっすぐな微小管に結合していた。

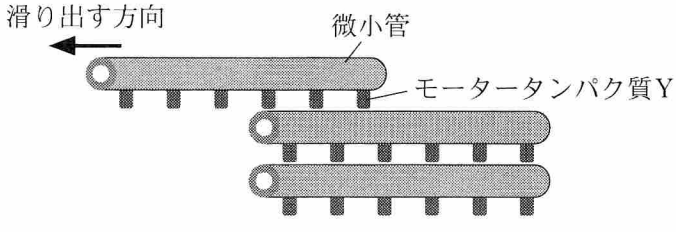


図　4

(1)　次の記述ⓐ～ⓒのうち，除膜した精子に関して，**実験 2 ・実験 3** の結果から考えられることとして適当なものはどれか。それを過不足なく含むものを，後の①～⑦のうちから一つ選べ。 9

ⓐ　除膜した尾部の運動の変化は，屈曲運動を起こすためには細胞膜が必要であることを示している。

ⓑ　ATP を加えると運動が起こったのは，除膜で失われるもののうち，ATP が運動に必要であることを示している。

ⓒ　ATP を加えると屈曲運動が起こったのは，結束構造が分解したことを示している。

① ⓐ　② ⓑ　③ ⓒ
④ ⓐ，ⓑ　⑤ ⓐ，ⓒ　⑥ ⓑ，ⓒ
⑦ ⓐ，ⓑ，ⓒ

(2)　結束構造の働きに関して，**実験 2 ・実験 3** の結果から考えられることとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。 10

①　モータータンパク質 Y と結合することで，微小管の滑り運動を可能にしている。

②　ATP の有無にかかわらず，微小管を屈曲させることで，尾部の運動を可能にしている。

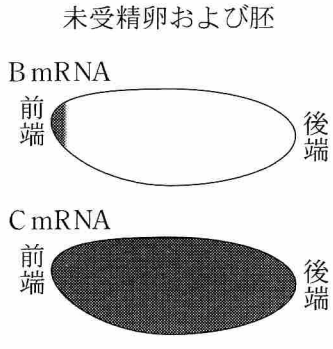
③　微小管の滑り運動を介して尾部を屈曲させている。

④　屈曲運動が起こる前に，尾部内で酵素により分解されることで，微小管の滑り運動を可能にしている。

生　物

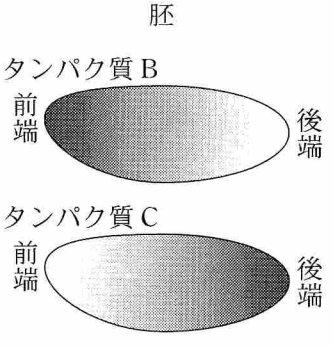
第 3 問　ショウジョウバエの発生に関する次の文章を読み，後の問い(**問 1 ～ 3**)に答えよ。(配点　20)

ショウジョウバエの未受精卵の中には，何種類かの mRNA が様々な領域に蓄積している。そのうち，(a)タンパク質 B の mRNA(以下，B mRNA)は未受精卵の前端のみに，タンパク質 C の mRNA(以下，C mRNA)は未受精卵全体に均一に，それぞれ分布している(図 1)。受精後の胚で，蓄積していた mRNA の翻訳が始まる。このとき，(b)B mRNA と C mRNA の分布は未受精卵での分布と変わらないが，図 2 に示すように，そこから翻訳されたタンパク質 B は前端から後端に，タンパク質 C は後端から前端に，それぞれ濃度勾配を形成して分布する。これらのタンパク質は，その後様々な遺伝子の発現を調節し，(c)それらの遺伝子からつくられるタンパク質の働きで胚の前後軸に沿った分化が起こる。



注：黒色の部分は，mRNA の分布を示す。

図　1

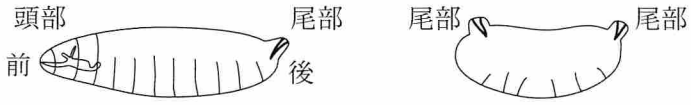


注：灰色の濃さは，タンパク質の濃度を示す。

図　2

問 1　下線部(a)に関連して，B mRNA は卵細胞以外の細胞で遺伝子 *B* から転写され，卵形成中に卵細胞に運ばれた後，卵細胞の前端に蓄積する。B mRNA が卵に全くない変異体(以下，変異体 X)の卵から発生した幼虫は，図 3 のように，両端が尾部となり，致死となる。遺伝子 *B* の正常な働きを持つ対立遺伝子 *B* と，その働きを失った対立遺伝子 *b* のヘテロ接合体どうしを交配した。その結果得られた卵から成長した幼虫のうち，変異体 X と同じ表現型になるものの割合(%)として最も適当なものを，後の①～⑤のうちから一つ選べ。ただし，遺伝子 *B* は常染色体上に存在しており，*B* は *b* に対して顕性である。

11



野生型の幼虫　　変異体 X の幼虫

図　3

① 0 %　② 25 %　③ 50 %　④ 75 %　⑤ 100 %

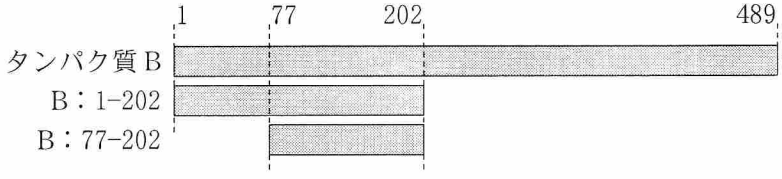
問 2　下線部(b)に関連して，図 2 で見られるタンパク質 C の濃度勾配は，タンパク質 B が C mRNA の翻訳を特異的に阻害することで形成されることが分かっている。次の(1)～(3)に答えよ。

(1)　タンパク質 B は，ある物質に結合することで，C mRNA の翻訳を特異的に阻害する。タンパク質 B が結合すると考えられる物質として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。 12

① C mRNA を指定する遺伝子 *C* の DNA
② C mRNA
③ mRNA に結合していないリボソーム
④ タンパク質 C

(2)　タンパク質Bの中のどの領域がC mRNAの翻訳の阻害に関わるかを調べるため，**実験1**を行った。**実験1**の結果から導かれるタンパク質Bの一次構造と働きに関する後の文章中の［ア］・［イ］に入る語句の組合せとして最も適当なものを，後の①～⑥のうちから一つ選べ。［13］

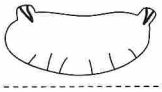
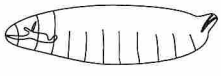
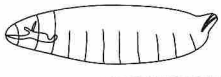
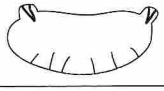
実験1　図4は，タンパク質Bと，タンパク質Bの一部に相当するポリペプチド2種(B：1–202とB：77–202)を模式的に示したものである。B mRNAが卵に全くない変異体Xの受精卵の前端に，B mRNA，B：1–202，またはB：77–202を指定するmRNAを注入し，胚でのタンパク質Cの分布と幼虫の形態を調べたところ，表1の結果が得られた。



注：数字は，タンパク質Bのアミノ基側の末端から数えたアミノ酸の順番。

図　4

表　1

注入したmRNA	タンパク質Cの分布	幼虫の形態
な　し	前端 後端	
B mRNA	前端 後端	
B：1–202を指定するmRNA	前端 後端	
B：77–202を指定するmRNA	前端 後端	

注：胚での灰色の濃さは，タンパク質Cの濃度を示す。

C mRNA の翻訳の阻害には，タンパク質 B のアミノ基側の末端から数えたアミノ酸［ア］の領域が必要であり，［イ］の領域は必要ないと考えられる。

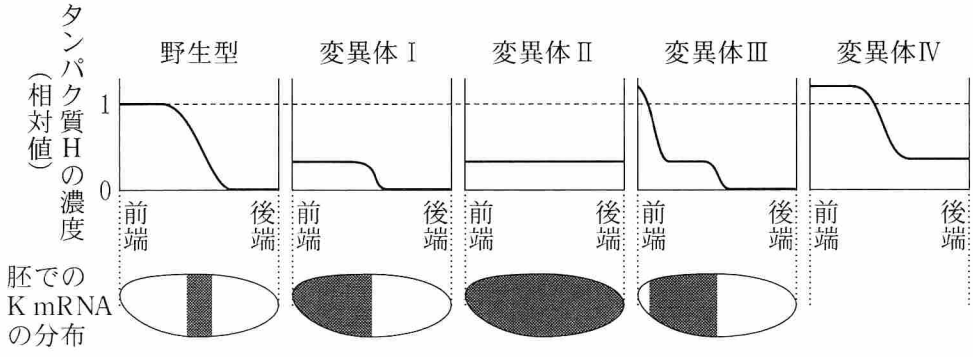
	ア	イ
①	1 から 76	77 から 202
②	1 から 76	203 から 489
③	77 から 202	1 から 76
④	77 から 202	203 から 489
⑤	203 から 489	1 から 76
⑥	203 から 489	77 から 202

(3) タンパク質 B とタンパク質 C について，それぞれの mRNA とタンパク質が図 1・図 2 のように分布することを説明できる調節の仕組みとして，タンパク質 B が C mRNA の翻訳を阻害しない仕組みも考えられる。その記述として最も適当なものを，次の①～⑤のうちから一つ選べ。［14］

① タンパク質 B が，タンパク質 C の分解を促進する。
② タンパク質 B が，C mRNA の分解を促進する。
③ タンパク質 C が，B mRNA の翻訳を阻害する。
④ タンパク質 C が，タンパク質 B の分解を促進する。
⑤ タンパク質 C が，B mRNA の分解を促進する。

問 3　下線部(c)に関連して，遺伝子 *H* から産生されたタンパク質 H は，遺伝子 *K* の転写を調節している。野生型胚では，タンパク質 H と，遺伝子 *K* から転写された mRNA（以下，K mRNA）は，図 5 の野生型で示すように分布する。タンパク質 H が全くない変異体の胚では，遺伝子 *K* は転写されず，K mRNA は胚に存在しない。タンパク質 H が遺伝子 *K* の転写を調節する仕組みを調べるため，**実験 2** を行った。

実験 2　タンパク質 H の分布が異なる 4 種類の変異体Ⅰ～Ⅳを作製し，そのうち変異体Ⅰ～Ⅲの胚で K mRNA の分布を調べた。図 5 は，野生型およびそれぞれの変異体の胚における K mRNA の分布を，タンパク質 H の分布とともに示したものである。



注：横軸は，胚の前後軸における相対的位置。
　　縦軸は，野生型胚の前端の値を 1 としたときの相対値。
　　胚の黒色の部分は，K mRNA の分布を示す。

図　5

実験 2 の結果から，変異体Ⅳの胚では，K mRNA はどのような分布を示すと推定されるか。その分布を示した図として最も適当なものを，次の①～⑤のうちから一つ選べ。ただし，遺伝子 *K* の転写は，タンパク質 H のみで調節されているものとする。 15

① ② ③ ④ ⑤



注：黒色の部分は，K mRNA の分布を示す。

生　物

第 4 問　生物の環境応答に関する次の文章を読み，後の問い(**問 1 ～ 3**)に答えよ。(配点　20)

生物は，(a)環境からの刺激を感知し，様々な反応を示す。環境からの刺激に応答した植物の反応は，(b)器官の形態変化を伴うことが多い。動物では，環境からの刺激を受容器で受け取り，その情報を神経系で処理し，さらに効果器に伝えることで様々な(c)行動を示す。

問 1　下線部(a)に関連して，動物と植物の刺激の感知とその反応に関する記述として**誤っているもの**を，次の①～⑤のうちから一つ選べ。 16

① アメフラシは水管に触れられると，えらをすばやく引っ込める。

② ヒトは暗い部屋から急に明るいところに出ると，瞳孔が縮小する。

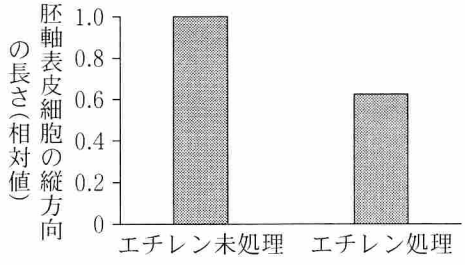
③ ヒトのひざ関節の下の腱(けん)を軽くたたくと，反射によりひざから下がはねあがる。

④ 光発芽種子に遠赤色光を照射すると，発芽が促進される。

⑤ 長日植物に光中断の処理を行うと，花芽の形成が促進される。

問 2　下線部(b)に関連して，暗所の土の中で生育した芽生えの胚軸は，暗所の土の上や寒天培地の上で生育した芽生えの胚軸よりも太く短くなる。この形態の違いは，植物ホルモンであるエチレンが胚軸の成長方向に影響を及ぼすためと考えられている。このことを確かめるため，シロイヌナズナを用いて**実験 1**・**実験 2** を行った。後の(1)・(2)に答えよ。

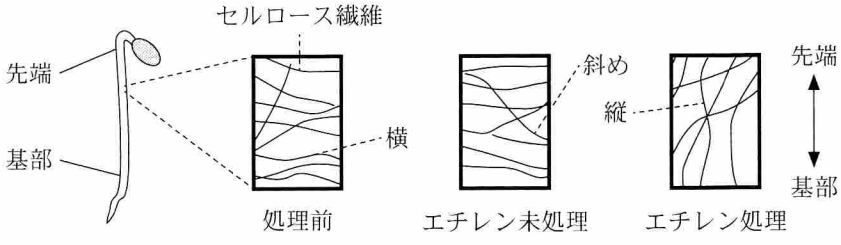
実験 1　暗所の寒天培地の上で，発芽直後の芽生えを未処理のまま，あるいはエチレンで処理しながら，5 日間栽培した。その後，芽生えの胚軸表皮細胞の縦方向の長さを測定したところ，図 1 の結果が得られた。



注：縦軸は，エチレン未処理の値を 1 としたときの相対値。

図　1

実験 2　暗所の寒天培地の上で，5 日間栽培した芽生えの胚軸の表皮細胞のセルロース繊維の向きを，顕微鏡で観察した（図 2，処理前）。また，同じ条件で栽培した芽生えを未処理のまま，あるいはエチレンで処理し，90 分後に顕微鏡で観察した（図 2，エチレン未処理，エチレン処理）。図 3 はその結果をまとめたものである。



注：胚軸の先端と基部を結ぶ方向を縦，それと直交する方向を横とする。

図　2

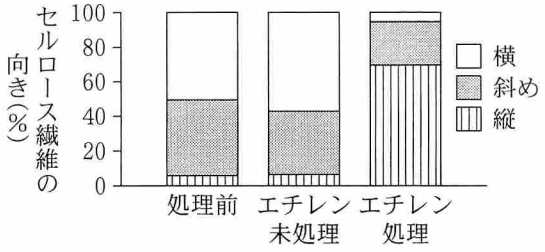


図　3

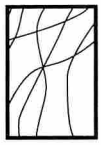
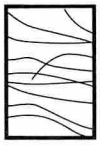
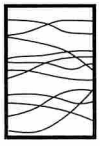
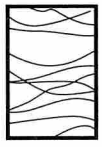
(1)　**実験 1 ・実験 2** の結果と植物ホルモンの働きから考えられる，エチレンと細胞の成長との関係に関する次の文章中の［ア］～［ウ］に入る語句の組合せとして最も適当なものを，後の①～⑧のうちから一つ選べ。［17］

エチレン処理をした芽生えの胚軸の細胞では，［ア］向きのセルロース繊維の割合が増える。このとき，成長に適した濃度の［イ］が作用すると，セルロース繊維どうしの結びつきが［ウ］なり，細胞の横方向への肥大成長が促進され，胚軸は全体として太く短くなる。

	ア	イ	ウ
①	横	オーキシン	弱　く
②	横	オーキシン	強　く
③	横	ジベレリン	弱　く
④	横	ジベレリン	強　く
⑤	縦	オーキシン	弱　く
⑥	縦	オーキシン	強　く
⑦	縦	ジベレリン	弱　く
⑧	縦	ジベレリン	強　く

(2)　**実験 1 ・実験 2** の結果から，エチレンはセルロース繊維の向きを変えることで胚軸の形態を変化させることが確認された。このことを，様々なシロイヌナズナの変異体を用いて，**実験 2** と同様の測定を行うことで，検証することにした。表 1 の顕微鏡観察の結果のようになると考えられる変異体として最も適当なものを，後の①～④のうちから一つ選べ。 18

表　1

	処理前	エチレン未処理	エチレン処理
野生型			
変異体			

① エチレンを合成できない変異体

② エチレンを過剰に合成する変異体

③ エチレンによる情報伝達ができない変異体

④ エチレンによる情報伝達が常に活性化された変異体

問 3　下線部(c)に関連して，夜行性のコウモリは，超音波を発してその反響音から獲物を探索する。他方，コウモリの被食者であるガの中には，超音波を感知してコウモリを回避する種がいる。次の(1)・(2)に答えよ。

(1)　コウモリの超音波に対するガの反応を調べるため，**実験 3** を行った。後の記述ⓐ～ⓓのうち，**実験 3** の結果から考えられることとして適当なものはどれか。その組合せとして最も適当なものを，後の①～④のうちから一つ選べ。 19

実験 3　コウモリの超音波と同様な 26 キロヘルツの音を，野外で飛んでいるガに聞かせたときの行動を観察したところ，ガは音源から遠ざかる「定位行動」と旋回や急降下などの「非定位行動」を示した。ガがこれらの行動を示したときの音源からの距離を調べたところ，図 4 の結果が得られた。

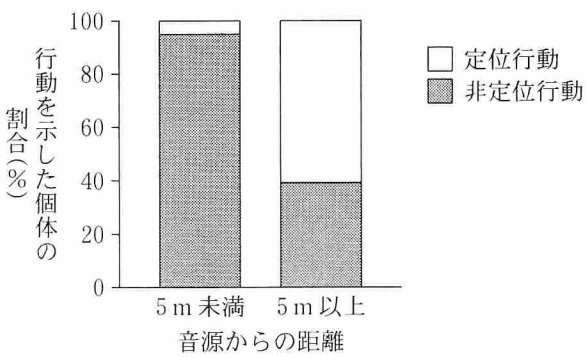
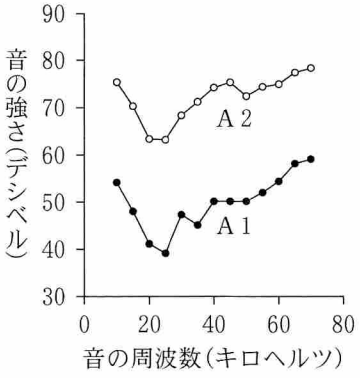


図　4

ⓐ　ガは，コウモリの超音波の高低を感知して，行動に利用している。
ⓑ　ガは，コウモリの超音波の強弱を感知して，行動に利用している。
ⓒ　ガは，コウモリからの距離が遠いときは，近いときよりも定位行動を示しやすい。
ⓓ　ガは，コウモリからの距離が近いときは，遠いときよりも定位行動を示しやすい。

① ⓐ，ⓒ　　② ⓐ，ⓓ　　③ ⓑ，ⓒ　　④ ⓑ，ⓓ

(2)　ガの胸部にある聴覚器官には，２種類の聴細胞(Ａ１・Ａ２)がある。図５は，Ａ１とＡ２のそれぞれが，様々な周波数の音に対して活動電位を発生する音の強さの最小値を示している。ガの聴細胞の興奮と**実験３**との関係について考察した，後の文章中の［エ］・［オ］に入る語句の組合せとして最も適当なものを，後の①～⑥のうちから一つ選べ。［20］



注：デシベルは音の強さを表す単位。

図　５

コウモリからの距離によって２種類の聴細胞の興奮のパターンが異なると想定すると，図５から，音源が遠いときには［エ］が興奮し，近いときには［オ］が興奮すると考えられる。これにより，図４のような行動の違いが生じ，コウモリによる捕食を効果的に回避できると考えられる。

	エ	オ
①	Ａ１のみ	Ａ２のみ
②	Ａ１のみ	Ａ１とＡ２
③	Ａ２のみ	Ａ１のみ
④	Ａ２のみ	Ａ１とＡ２
⑤	Ａ１とＡ２	Ａ１のみ
⑥	Ａ１とＡ２	Ａ２のみ

生　物

第５問　生態と環境に関する次の文章を読み，後の問い(**問１～４**)に答えよ。(配点　20)

亜熱帯・熱帯地域の河口付近の汽水域(海水と淡水が混じりあう水域)には，マングローブが見られる。マングローブには多様な動物が生息するため，生物多様性の維持にとって重要なバイオームと考えられており，(a)人間活動による影響が心配される。汽水域の土壌では，(b)潮の満ち引きにより表層の窒素などの栄養分が流出しやすい。また，(c)しばしば水浸しになるため通気性が低い。しかし，マングローブを構成する植物(以下，マングローブ植物)は盛んに生育し，その葉には多くの窒素が含まれる。マングローブ植物の呼吸と窒素獲得の仕組みを調べるため，マングローブ植物の一種であるヤエヤマヒルギとその周囲の土壌を調べた。

問１　下線部(a)に関連して，人間の活動により，生態系が影響を受けることに関する記述として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。 21

① 個体数の減少に伴い遺伝的多様性が低下し，近交弱勢が起こりにくい。

② 農地において作物に吸収されなかった窒素肥料が流出し，河口付近の水中の窒素濃度が減少する。

③ 人間が作った特定の物質が，生物濃縮により消費者よりも生産者の体内において高い濃度で蓄積する。

④ 海洋の沿岸で富栄養化により赤潮が発生し，水生生物が大量死しやすくなる。

問 2　下線部(b)に関連して，ヤエヤマヒルギの生育場所の土壌の特徴を調べるため，海面の高さが異なる7月と1月に，ヤエヤマヒルギの根の周囲の土壌と，根が生えていない離れた場所の土壌について，深さ 15 cm 地点の土壌温度，有機物濃度，および窒素濃度を測定し，表1にまとめた。表1の結果についての記述として最も適当なものを，後の①～④のうちから一つ選べ。 **22**

表　1

測定時期	海面の高さ (m)	採取場所	土壌温度 (℃)	有機物濃度 (%)	窒素濃度 (× 0.01 %)
7月	1.2	根の周囲	29.8	1.0	0.25
		離れた場所	29.9	0.8	0.20
1月	0.8	根の周囲	20.6	2.2	0.25
		離れた場所	20.5	0.8	0.15

注：海抜 0.6 m の高さの場所に生えているヤエヤマヒルギの個体の周囲の土壌を調べた。
海面の高さは，海抜 0 m を基準としたときの各月の平均の海面の高さ。
有機物濃度と窒素濃度は，乾燥した土壌の重量当たりの値。

① 1月に比べて7月には，根の周囲の土壌の有機物濃度が高い。

② 季節によって海面の高さが異なっても，根の周囲の土壌の窒素濃度は変わらない。

③ 根が生えていない離れた場所の土壌に比べて，根の周囲の土壌では，有機物濃度と窒素濃度が低い。

④ 根が生えていない離れた場所の土壌に比べて，根の周囲の土壌では，土壌温度が低い。

問 3　下線部(c)に関連して，図 1 のようなヤエヤマヒルギの水面上にある根の表面には，皮目（ひもく）とよばれる穴が多く見られ，根の内部には，図 2 のように皮層部分に細胞と細胞のすき間である細胞間隙（さいぼうかんげき）が発達している。皮目と皮層の細胞間隙を通して，大気と土壌に埋まっている根の内部とがつながっているかを調べるため，**実験 1** を行った。後の記述ⓐ～ⓒのうち，**実験 1** の結果から導かれることとして適当なものはどれか。それを過不足なく含むものを，後の①～⑦のうちから一つ選べ。 23

実験 1　水面上にある一本の根の全ての皮目にグリースを塗り，気体の移動を遮断した。その根の土壌に埋まっている部位（側根と根の先端）の内部の O_2 濃度と CO_2 濃度を，処理開始後 0 時間と 36 時間に測定した。対照条件として，グリースを塗らなかった根の土壌に埋まった部位の内部の O_2 濃度と CO_2 濃度も測定したところ，図 3 の結果が得られた。

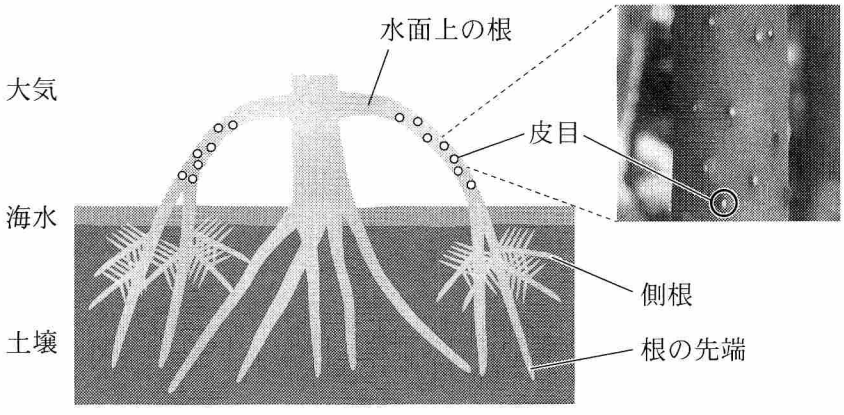


図　1

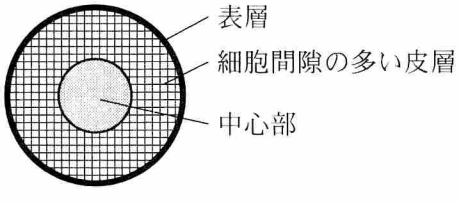


図　2

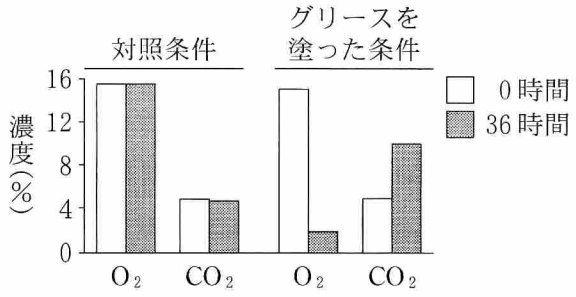


図　3

ⓐ　対照条件では，根の土壌に埋まっている部位の内部の O_2 濃度は，処理開始後 0 時間と 36 時間で変わらないので，根の内部で呼吸は行われていない。

ⓑ　グリースを塗った条件では，根の土壌に埋まっている部位の内部の呼吸で発生した CO_2 が根の外部に出ていかず，根の内部の CO_2 濃度が増加する。

ⓒ　根の内部の細胞間隙を通じて，大気の O_2 が根の土壌に埋まっている部位の内部まで移動している。

① ⓐ　② ⓑ　③ ⓒ
④ ⓐ，ⓑ　⑤ ⓐ，ⓒ　⑥ ⓑ，ⓒ
⑦ ⓐ，ⓑ，ⓒ

生　物

問 4　ヤエヤマヒルギの根の皮目を通じた窒素獲得の仕組みを調べるため，**実験 2・実験 3** を行った。後の(1)・(2)に答えよ。

実験 2　大気中の N_2 が皮目から根のどの部分に移動しているのかを調べるため，図 4 のように水面上の根に容器を取り付け，容器内に ^{15}N を含む N_2 を一定時間加えた。その後，根全体を採取し，各部位を図 2 に示す三つの組織に分け，乾燥試料の ^{15}N 濃度を測定したところ，図 5 の結果が得られた。

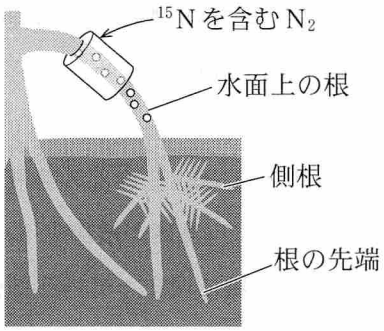
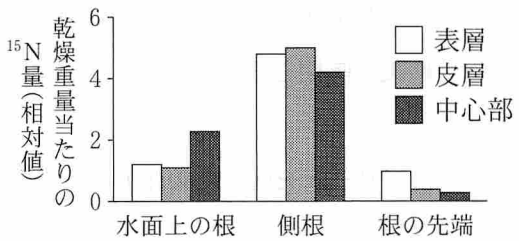


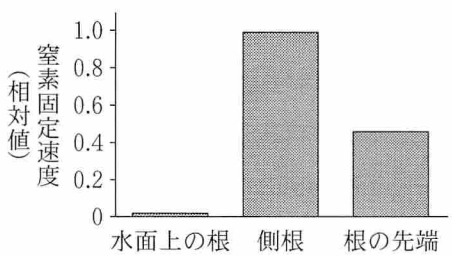
図　4



注：縦軸は，根の先端の表層の値を 1 としたときの相対値。

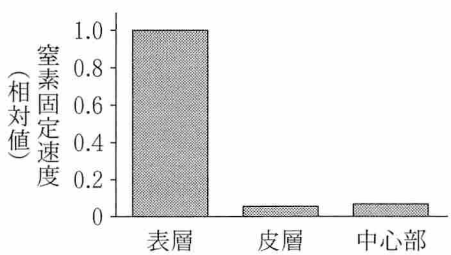
図　5

実験 3　ヤエヤマヒルギの根には，窒素固定細菌が共生することが知られている。そこで，**実験 2** で採取した根の各部位の窒素固定速度を測定したところ，図 6 の結果が得られた。さらに根の先端の各組織の窒素固定速度を測定したところ，図 7 の結果が得られた。



注：縦軸は，側根の値を 1 としたときの相対値。

図　6



注：縦軸は，表層の値を 1 としたときの相対値。

図　7

(1)　**実験 2** の結果に関する次の文章中の［ア］・［イ］に入る語句の組合せとして最も適当なものを，後の①～⑥のうちから一つ選べ。［24］

水面上の根の皮目を通じて大気から根の内部へ移動した N_2 は，水面上の根だけでなく，根の土壌に埋まっている部位にまで達し，そこで［ア］に利用されると考えられる。最も多く ^{15}N が検出された［イ］では，どの部位でも多くの ^{15}N が［ア］されていた。

	ア	イ
①	同　化	水面上の根
②	同　化	側　根
③	同　化	根の先端
④	異　化	水面上の根
⑤	異　化	側　根
⑥	異　化	根の先端

(2)　**実験 2・実験 3** の結果から導かれることとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。［25］

① 乾燥重量当たりの ^{15}N 量が，水面上の根の表層と根の先端の表層とでほぼ等しいことから，これらに分布する窒素固定細菌の量もほぼ等しい。

② 根の先端では，乾燥重量当たりの ^{15}N 量の組織間の比と，窒素固定速度の組織間の比がほぼ等しいことから，表層から内部への ^{15}N の移動はない。

③ 根の先端における窒素固定速度が，表層より皮層と中心部で高いことから，窒素固定細菌は根の先端の内部に入り込んでいる。

④ 根の土壌に埋まっている部位における窒素固定速度は相対的に高いことから，窒素固定細菌は主に土壌に接している部位に分布している。