

平成 20 年度入学者選抜学力検査問題

理 科

物 理 1 ページ～ 16 ページ

化 学 17 ページ～ 31 ページ

生 物 32 ページ～ 57 ページ

地 学 58 ページ～ 64 ページ

注 意 事 項

1. この冊子は、監督者から解答を始めるよう合図があるまで開いてはいけません。
2. 監督者から解答を始めるよう合図があったら、まず最初に解答用紙の上部の所定欄には受験番号、座席番号を、また、下部の所定欄には座席番号をそれぞれ必ず記入しなさい。その他の欄には記入してはいけません。
3. 選択科目として届け出た科目について解答しなさい。それ以外の科目について解答すると失格となります。
4. 解答すべき問題の番号は、各学部・学科ごとに異なるので、各科目の最初に書いてある注意事項の表で確認しなさい。
5. この冊子の余白の部分を計算、下書きに使用してもかまいません。
6. 解答用紙は、記入の有無にかかわらず、持ち帰ってはいけません。
7. この冊子は持ち帰ってかまいません。
8. 落丁、乱丁、または印刷の不備なものがあつたら申し出なさい。

生 物

- 注 意
1. 志望学部・学科により、以下に示す番号の問題を解答すること。
 2. 解答は、すべて解答用紙の所定の欄に、指定された方法で記入しなさい。

志 望 す る 学 部 ・ 学 科	解 答 す る 問 題 番 号
教育学部 志望者のうち生物を選択する者	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> 2 4 8 および </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> 9 と 10 </div> <p style="text-align: center;">のどちらかの4題について解答する。</p>
医学部 志望者のうち生物を選択する者	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> 1 2 4 8 </div>
理学部 生物学科志望者	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> 1 5 6 8 </div> <div style="text-align: center; margin-top: 5px;"> 9 </div>
理学部 地球科学科志望者のうち生物を選択する者	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> 1 3 6 および </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> 9 と 10 </div> <p style="text-align: center;">のどちらかの4題について解答する。</p>
園芸学部 志望者のうち生物を選択する者	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> 1 3 7 および </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> 9 と 10 </div> <p style="text-align: center;">のどちらかの4題について解答する。</p>

3. 9 と 10 のうち、どちらか1題を選択して解答する必要がある学部・学科は、選択した問題の解答用紙上部にある選択欄の○印を黒く塗りつぶして●にしなさい。選択しなかった問題の解答用紙にも、受験番号と座席番号を所定欄に記入しなさい。9、10 の解答用紙はどちらも回収します。(ただし、理学部生物学科志望者は、9 の解答用紙の選択欄を●に塗りつぶす必要はありません。)

1 次の文章を読み、以下の問1～6に答えなさい。

アデニンは核酸の構成成分であると同時に、細胞内のエネルギー通貨として働く **ア** の構成成分でもある。図1は、酵母菌におけるアデニン化合物の合成経路と、それに働く酵素と遺伝子の関係を示したものである。酵母菌では、 **イ** の一種であるリボースにリン酸が結合したリボース-5-リン酸と、アミノ酸のひとつであるグルタミンから、アデニンを含む化合物であるアデノシン二リン酸が作られ、続いてリン酸が一つ付加されて **ア** へと変換される。また、細胞外にアデニンが存在する場合には、アデニンを細胞内に取り込んでアデノシン二リン酸に変換する経路が働く。

酵母菌の野生株一倍体(単相)細胞はブドウ糖、無機窒素化合物、無機塩類、ビタミンだけを含む寒天培地(最少培地)で増殖し、コロニー(1個の細胞が分裂して増えた結果できる細胞の集団)を形成する。野生株の酵母菌をある薬剤で処理したところ、栄養素が豊富に含まれる完全培地では増殖できるが、最少培地では生育できないものが出現した。この突然変異株のうちの4株(それぞれ変異株I～IVとする)は、アデニンを加えた最少培地では増殖が可能であった。このうち、変異株Iの遺伝子を解析した結果、図1中の遺伝子Xに突然変異が見つかった。酵母菌のコロニーは通常白色であるが、遺伝子Xに欠損をもつ酵母株が作るコロニーは赤色になる。これは、通常は作られない赤色物質Rが物質Bから合成されて細胞内に蓄積することが原因である。

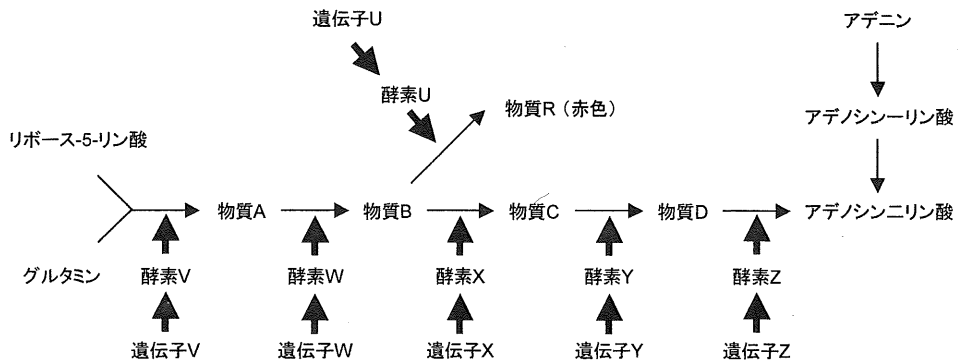


図1

問 1 上の文章中の ア , イ にあてはまる最も適切な用語を入れなさい。

問 2 下線部(1)の薬剤はどのような性質をもつか説明しなさい。

問 3 変異株 I ~ IV のような突然変異株は一般に何と呼ばれるか、答えなさい。

問 4 遺伝子 X から作られる mRNA 中のタンパク質の配列を指定する塩基配列のうち、46 番目の塩基は野生株で G である。変異株 I ではこの一塩基のみが変化し、G が C へと置換していた。野生株の酵素 X タンパク質では、この塩基を含むトリプレットが指定するアミノ酸がグリシンであることがわかっている。

- (1) このグリシンは酵素 X の配列上、何番目のアミノ酸に相当するか答えなさい。
- (2) 変異株 I で作られる酵素 X タンパク質では、このグリシンが何に変わっているか、表 1 を参考にして答えなさい。

表 1 遺伝暗号表

		二番目の塩基			
		U	C	A	G
一番目の塩基	U	UUU フェニルアラニン	UCU	UAU チロシン	UGU システイン
		UUC	UCC セリン	UAC	UGC システイン
		UUA ロイシン	UCA	UAA 終止コドン	UGA 終止コドン
		UUG	UCG	UAG 終止コドン	UGG トリプトファン
	C	CUU	CCU	CAU ヒスチジン	CGU
		CUC ロイシン	CCC プロリン	CAC	CGC アルギニン
		CUA	CCA	CAA グルタミン	CGA
		CUG	CCG	CAG	CGG
	A	AUU	ACU	AAU アスパラギン	AGU セリン
		AUC イソロイシン	ACC	AAC	AGC
		AUA	ACA	AAA リシン	AGA アルギニン
		AUG メチオニン	ACG	AAG	AGG
	G	GUU	GCU	GAU アスパラギン酸	GGU
		GUC バリン	GCC	GAC	GGC グリシン
		GUA	GCA	GAA	GGA
		GUG	GCG	GAG	GGG

問 5 変異株Ⅱが寒天培地上で形成するコロニーは赤色ではなく、白色であった。変異株Ⅱが赤色コロニーを形成しない理由として考えられることを80字以内で答えなさい。

問 6 酵母菌には二種類の性がある。異なる性の一倍体細胞同士は接合し、お互いの遺伝情報をあわせもつ二倍体(複相)の細胞を形成することができる。変異株Ⅲと変異株Ⅳが接合してできた二倍体細胞は、アデニンを添加しない最少培地でも生育することができた。この結果から、変異株Ⅲ、Ⅳにおきた突然変異についてわかることを60字以内で答えなさい。

2 次の文章を読み、以下の問1～6に答えなさい。

ヒトの赤血球に含まれるヘモグロビンは酸素と結合する性質をもち、酸素の運搬に重要な役割を果たしている。ヘモグロビンは2種類の 鎖が 本ずつ集まってできた イオンを含むタンパク質である。酸素と結合したヘモグロビンは酸素ヘモグロビンと呼ばれ、ヘモグロビンの酸素結合力は酸素濃度により大きく変化する。細胞はヘモグロビンにより運ばれた酸素を用いて好気呼吸を行うことができる。表1はさまざまな酸素濃度における酸素ヘモグロビンの割合を、肺胞における低い二酸化炭素濃度の場合と組織における高い二酸化炭素濃度の場合とで測定した結果である。酸素濃度は肺胞における酸素濃度を100としたときの相対値で示されている。この結果から、ヘモグロビンは二酸化炭素濃度が高いと酸素ヘモグロビンの割合が低下する性質をもつことが分かる。⁽¹⁾

問1 上の文章中の ～ にあてはまる最も適切な語句あるいは数字を入れなさい。

問2 好気呼吸により組織で産生された二酸化炭素は主にどのように処理されるかを30字以内で述べなさい。

問3 タンパク質を呼吸基質とする好気呼吸では、最終的に生体にとって有害な無機化合物が産生される。その化合物名を答えなさい。また、その化合物は主にどのように解毒されるかを20字以内で述べなさい。

問4 表1に示す酸素ヘモグロビンの割合と酸素濃度との関係を曲線であらわしたものを何と呼ぶか答えなさい。

問 5 表 1 の数値を見て以下の問(1), (2)に答えなさい。

- (1) この組織における酸素濃度が肺胞における酸素濃度の 30 % とすると、組織で解離する酸素ヘモグロビンの割合は何%か計算しなさい。
- (2) 正常ヘモグロビンは 1 g あたり 1.4 ml の酸素と結合でき、血液 100 ml あたりのヘモグロビン量を 15 g とすると、1 l の血液は何 ml の酸素を(1)の組織に運搬できることになるか計算しなさい。ただし、血液に溶解する酸素の量は無視する。(小数点以下 1 けたまで書きなさい。)

問 6 下線部(1)の性質は酸素運搬においてどのような点で都合がよいかを 40 字以内で述べなさい。

表 1 さまざまな酸素濃度における酸素ヘモグロビンの割合

酸素濃度*	酸素ヘモグロビンの割合 (%)	
	肺胞における低い二酸化炭素濃度の場合	組織における高い二酸化炭素濃度の場合
10	13.5	12.8
20	35.0	31.5
30	57.0	48.0
40	75.0	61.1
50	83.5	72.0
60	89.0	82.9
70	92.7	90.0
80	94.5	93.2
90	96.5	94.4
100	97.0	95.7

*肺胞における酸素濃度を 100 としたときの酸素濃度の相対値

3 次の文章を読み、以下の問1～4に答えなさい。

1993年にK. Mullisがノーベル化学賞を受賞したPCR(ポリメラーゼ連鎖反応)法は、微量のDNAを数万倍に増やすことができる画期的な実験方法であり、その後の分子生物学の発展に大きく寄与した。

その方法の概略は次のようになる。また、その原理を図1に模式的に示した。

- ① 増幅したい配列を含む微量のDNA(鋳型DNA)、4種類のヌクレオチド、増幅したい配列の端の数十ヌクレオチドと相補的な配列をもつ短い1本鎖DNA(プライマー)、DNAポリメラーゼを混合して、反応液をつくる。このとき、プライマーは、増幅したい配列の両端に位置する2種類が必要である。
- ② 反応液を95℃で30秒加熱し、DNAを1本鎖にする。
- ③ 反応液を約55℃まで冷やして、プライマーとDNAの特定の部分を結合させる。
- ④ 反応液を適当な温度で2分間加熱し、DNAポリメラーゼの働きでプライマーの結合部分に続けてヌクレオチドを付加し、2本鎖DNAを合成する。結合したプライマーは合成されたDNA鎖の一部となり、次の繰り返しではDNA合成の起点とはならない。
- ⑤ 上の②～④を30回程度繰り返し、大量のDNAを増幅する。

この方法には耐熱性DNAポリメラーゼの利用が欠かせない。DNAポリメラーゼのような酵素はタンパク質であり、一般的に55～60℃に加熱されると酵素としての働きを失ってしまう。これは熱によってタンパク質の が壊れるため、 と呼ばれ、熱のほかに強い や強い によっても起こる。耐熱性DNAポリメラーゼは温泉のような高温の環境に生息する好熱性細菌から抽出され、PCR法に必要な95℃の高温でも働きを失いにくい。

この酵素反応において になるのはプライマーが結合した鋳型DNAとヌクレオチドであり、DNAポリメラーゼの活性部位が1本鎖の鋳型DNAとプライマーの結合部位に結合して、DNA合成が行われる。

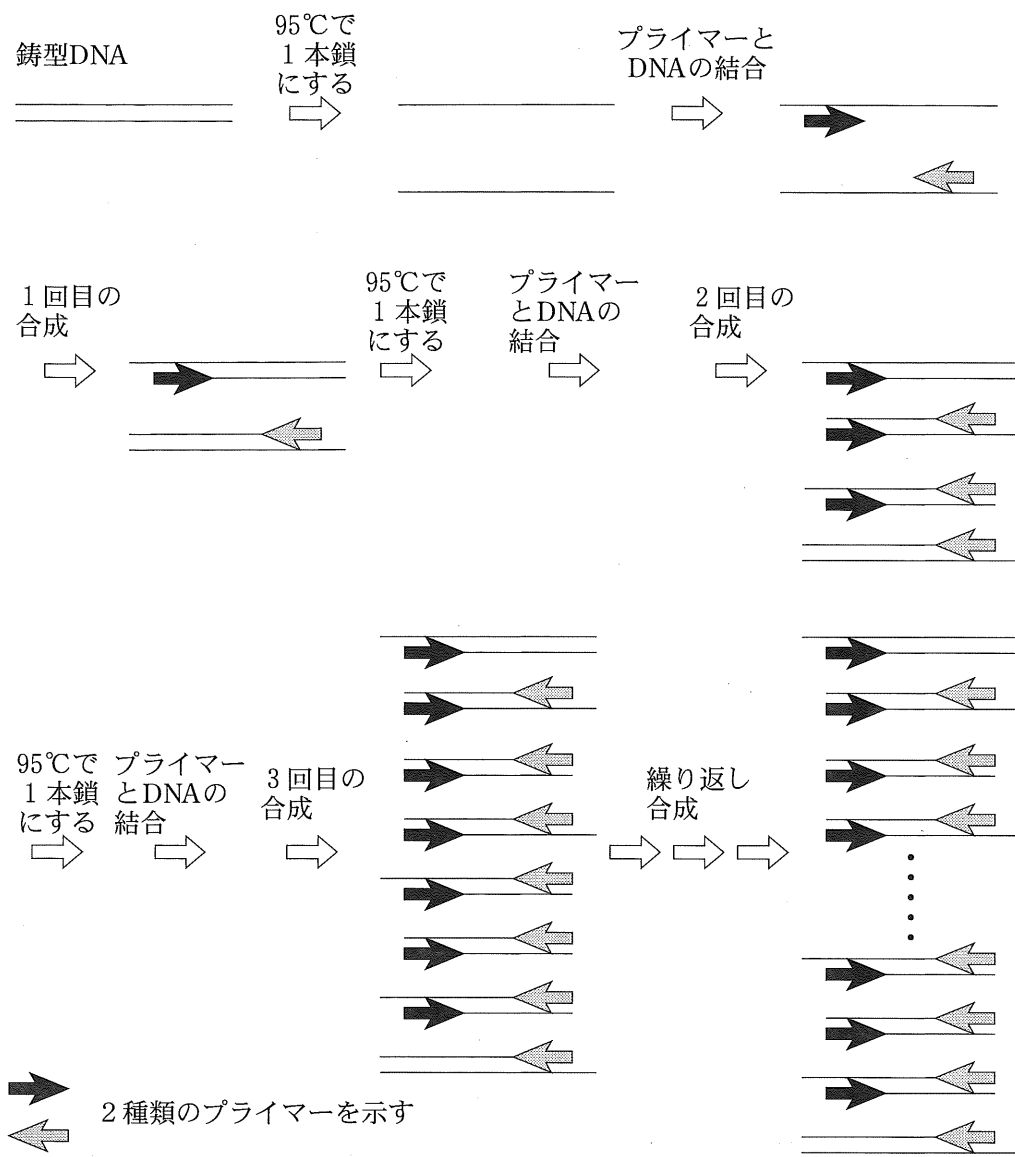


図1

問 1 文章中の ア ~ オ にあてはまる最も適切な語句を入れなさい。

問 2 図 2 はある耐熱性 DNA ポリメラーゼの反応速度と温度の関係を示したグラフである。このポリメラーゼを使って PCR 法を行う場合、下線部(1)に最も適する温度と、その理由を 20 字以内で答えなさい。

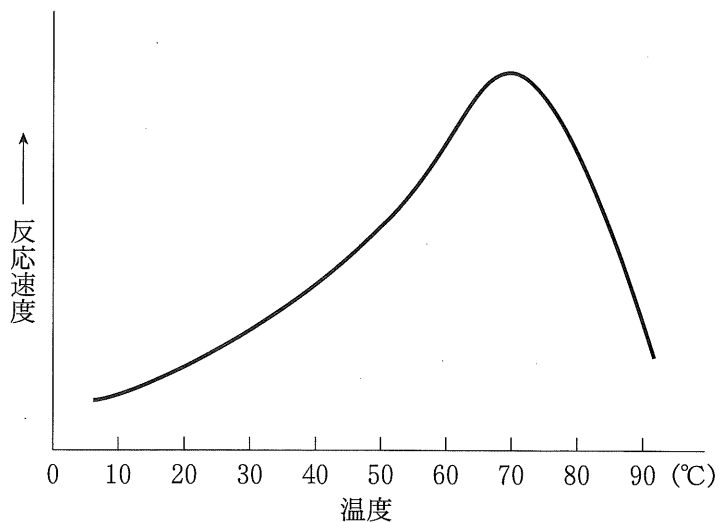


図 2

問 3 下線部(2)について、この反応を繰り返せば原理的には DNA を無限に増やすことが可能だが、実際には 30 から 40 回程度で増幅は止まってしまう。

(a) この理由について下線部(3)に関して 30 字以内で答えなさい。

(b) また、方法の②の部分をは始める前に 95 °C で 1 時間加熱して、残りの実験を行ったところ、DNA は増幅されなかった。このことを踏まえて増幅が止まってしまう(a)以外の理由を 30 字以内で答えなさい。

問 4 図 1 で示された PCR 法の原理を見て、プライマーが 2 種類必要な理由を 150 字以内で答えなさい。

4 次の記事を読み、以下の問1～4に答えなさい。

座骨神経を付着したカエルのふくらはぎの筋肉の神経筋標本を用いて、図1のように座骨神経を刺激して筋肉の収縮を調べる実験を行った(使用器具は簡略して描いてある)。

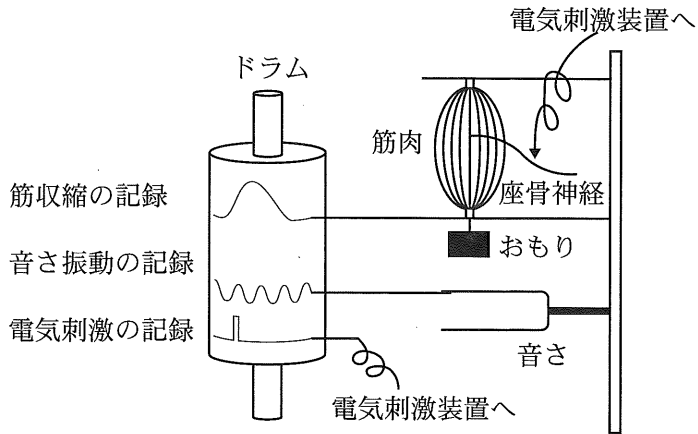


図1

問1 座骨神経を電気刺激して、単収縮曲線を調べる実験を行った。筋肉からの距離が、4 mm と 45 mm の部位で座骨神経を刺激した場合、それぞれ図2と図3の曲線が得られた。図中の①、②はそれぞれ、刺激開始点、筋肉の収縮開始点を示す。音さは毎秒800回振動する。この実験より求められるカエルの座骨神経の伝導速度に最も近い値を、下の(ア)～(オ)から選び記号で答えなさい。

- (ア) 20 m/秒 (イ) 30 m/秒 (ウ) 40 m/秒
 (エ) 50 m/秒 (オ) 60 m/秒

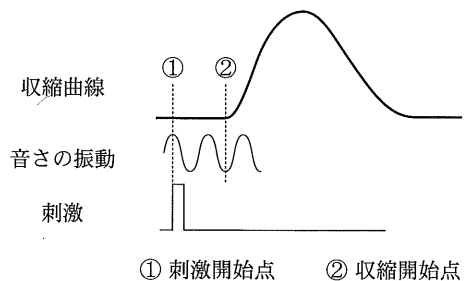
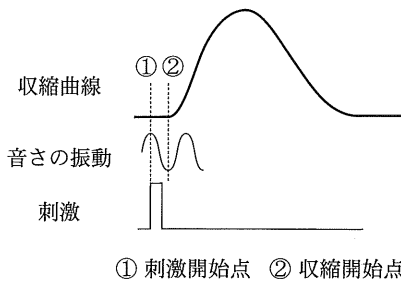


図2 4 mm の部位で刺激した場合

図3 45 mm の部位で刺激した場合

問 2 薬物 A は筋細胞の収縮を抑える作用のみがある。神経筋標本を、薬物を含まない生理的塩類溶液(細胞機能を保つ塩類が含まれる)に入れて、単収縮曲線を記録したところ、図 4 のようであった。

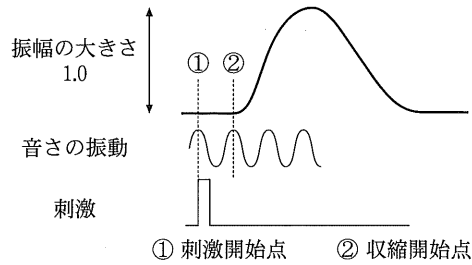
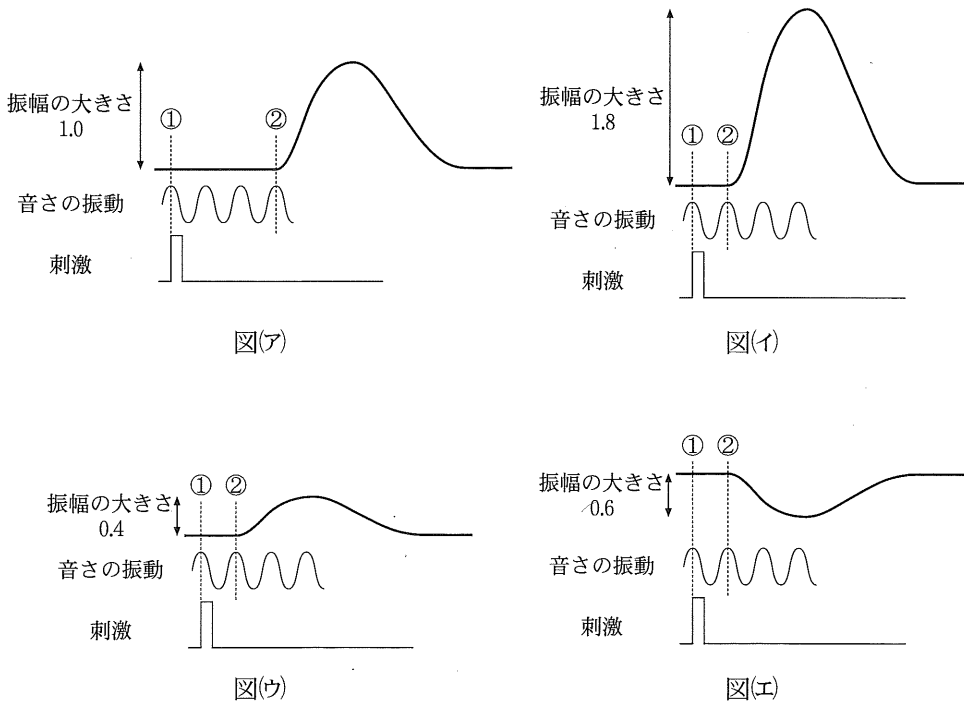


図 4

図 4 の実験をもとに、神経筋標本を、薬物 A を含む生理的塩類溶液に入れて、記録を行った場合の単収縮曲線として、最も適切と考えられるものを下の図(ア)~(エ)から選び、図の記号で答えなさい。なお、各図の振幅の大きさの数値は、図 4 の振幅の大きさを 1.0 とした場合の相対的な大きさである。



問 3 骨格筋の筋細胞では刺激に対する反応は全か無かの法則に従い、1本の筋細胞における刺激と反応(収縮の強さ)の関係は図5のようになる。しかし、筋肉全体では刺激と反応(収縮の強さ)の関係は図6のようになる。このように、筋肉全体では刺激の強さに応じて収縮の強さが図6のように大きくなる理由を、50字以内で述べなさい。

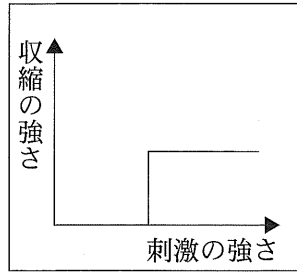


図 5

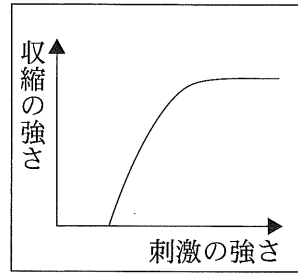


図 6

問 4 図7はマウスの横紋筋を構成する基本構造の電子顕微鏡写真である。

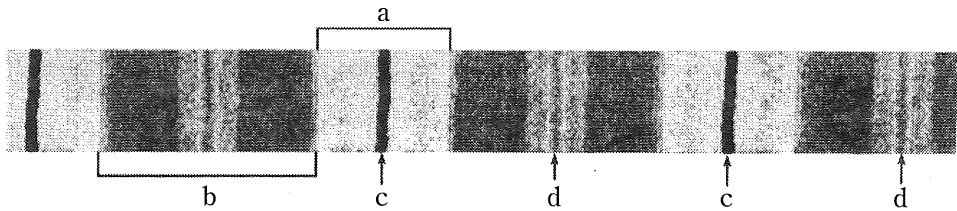


図 7

- (1) 図7の写真が示す構造の名称を書きなさい。
- (2) 図7のaとbの部分名を書きなさい。
- (3) 筋節(サルコメア)とは次の(A)~(C)のうちどれか。記号で答えなさい。
 (A) c-c間 (B) c-d (d-c)間 (C) d-d間
- (4) アクチンフィラメントとミオシンフィラメントはどのように配列しているか。解答用紙の太線四角内に写真と対応させて模式図を描き、フィラメントの名称をいれなさい(各フィラメントを複数ずつ描くこと)。
- (5) 横紋筋が収縮する仕組みを70字以内で説明しなさい。

5

次の文章を読み、以下の問1～6に答えなさい。

ある種のセンチュウは神経細胞が302個しかなく、頭部先端に刺激を感じる感覚器官があり、脳はないが頭部と尾部に神経細胞が集まった部分がある。単純な(1)神経系を持つセンチュウでもさまざまな行動を示し、神経機能の研究にも使われている。

実験1において、図1(a)のように、25℃の部屋で、寒天板の上に凍らせた氷酢酸を入れ密閉したピンを支持しておく、氷酢酸の溶ける温度は17℃なので、寒天板の温度分布は図1(b)のようになる。寒天板にセンチュウを放して、その動きを記録すると、図1(c)のような動きや図1(d)のような動きを示すセンチュウがいた。ただし、氷酢酸のピンの下にもセンチュウが動ける空間がある。

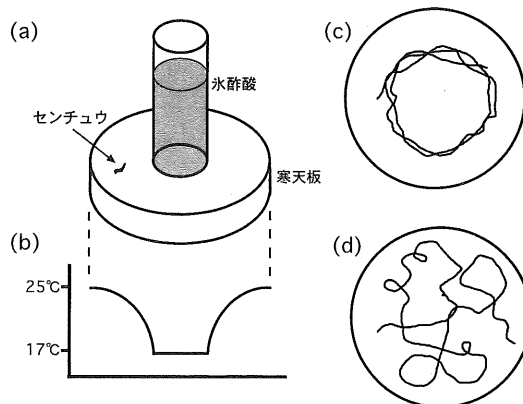


図1 実験1

実験2では卵からふ化したセンチュウの幼虫をさまざまな時期に、ベンズアルデヒドのにおいにさらして育てた。ふ化後5日たった成体を、図2(a)のような片側からベンズアルデヒドのにおいがする箱の中央に放し、各区画に-6から+6まで番号をつけ、ある一定時間後にセンチュウが位置していた区画の数字の平均値を調べた。その値から、ベンズアルデヒドのにおいにさらしたことの無いセンチュウで得られた平均値を引いて位置の指標とし、さらした時期別の値をグラフにすると、図2(b)のようになった。

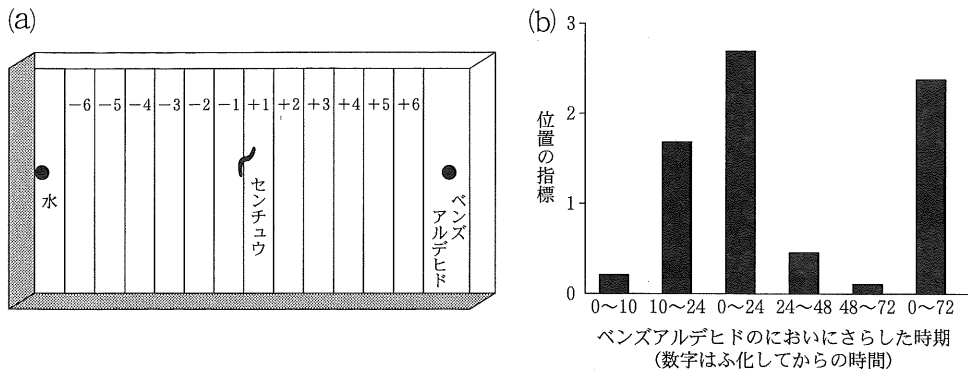


図 2 実験 2

問 1 下線部(1)のような部分を何と呼ぶか答えなさい。

問 2 ミミズやヒルなどの環形動物や昆虫などの節足動物の神経系はセンチユウと異なる。それはどのような構造になっているか、60 字以内で説明しなさい。

問 3 図 1(c)のような動きをしたセンチユウ(センチユウ c とする)と、図 1(d)のような動きをしたセンチユウ(センチユウ d とする)にはどのような性質の違いがあると考えられるか、70 字以内で説明しなさい。

問 4 動物の行動は生まれつきもっているものと経験により獲得するものがあるが、図 1(c)のようなセンチユウの行動が生まれつきもっているものであることを確かめるには、どのようにすればよいか、60 字以内で説明しなさい。

問 5 図 2(b)のグラフからどのようなことがいえるか、80 字以内で説明しなさい。

問 6 センチユウが図 2(b)で示したように行動を獲得することを何と呼ぶか答えなさい。

6 次の文章を読み、以下の問1～5に答えなさい。

ニワトリの受精卵は37℃の恒温器に入れておくと21日でふ化する。あたため始めてから6日経過した胚(6日胚)をとり出して観察すると、頭部や翼、あしなどの体の各部分は形成されているが、まだ羽毛などの皮膚の構造物はつくられていない。しかし、13日経過した胚(13日胚)では、体表面には羽毛が、あしにはうろこなどの皮膚の構造物が形成されている。一方、受精から12日経過したマウスの胚(12日胚)はニワトリの6日胚とほぼ同様な発生段階にあり、体表面に体毛はまだはえていない。皮膚の構造物がどのようなしくみで形成されるのかを調べるために、ニワトリやマウスの胚を用いて次の実験Ⅰ～Ⅳをおこなった。

実験Ⅰ

ニワトリ6日胚から背中とあしの皮膚をとり出して培養したところ、背中の皮膚からは羽毛が、あしの皮膚からはうろこが形成された。次に、皮膚を表皮と真皮に分離して培養したが、それぞれ単独の培養では羽毛やうろこは形成されなかった。そこで表皮と真皮を組み合わせ再結合して培養したところ、表1の結果を得た。

表1

表皮の由来	真皮の由来	形成された構造物
背中	背中	羽毛
あし	あし	うろこ
背中	あし	羽毛
あし	背中	羽毛

実験Ⅱ

ニワトリ 6 日胚の眼から角膜をとり出し、同じく 6 日胚の背中またはあしの皮膚から真皮をとり出して組み合わせて培養したところ、表 2 の結果を得た。

表 2

真皮と組み合わせた組織	真皮の由来	形成された構造物
角膜	背中	羽毛
角膜	あし	羽毛

実験Ⅲ

ニワトリ 6 日胚の眼から角膜を、背中 of 皮膚から表皮をとり出した。次に、ニワトリ 13 日胚から背中とあしの皮膚の真皮をとり出した。それぞれ単独で培養したところ皮膚の構造物は形成されなかったが、組み合わせて培養したところ、表 3 の結果を得た。

表 3

角膜・表皮の由来	真皮の由来	形成された構造物
6 日胚の背中	13 日胚の背中	羽毛
6 日胚の角膜	13 日胚の背中	羽毛
6 日胚の背中	13 日胚のあし	うろこ
6 日胚の角膜	13 日胚のあし	うろこ

実験Ⅳ

ニワトリ 6 日胚およびマウス 12 日胚の背中の皮膚から真皮を，眼から角膜をとり出した。これらを組み合わせて培養したところ，表 4 の結果を得た。

表 4

角 膜 の 由 来	真 皮 の 由 来	形 成 さ れ た 構 造 物
ニワトリ	ニワトリ	羽 毛
マウス	マウス	体 毛
ニワトリ	マウス	羽 毛
マウス	ニワトリ	体 毛

問 1 表皮，真皮，および角膜は，それぞれどのような胚葉から形成されるか答えなさい。

問 2 これらの実験で示されるような異なる細胞集団や組織間でみられる作用の例には，実験Ⅰ～Ⅳ以外にどのようなものがあるか，次の解答例にならって 4 つ答えなさい。

解答例：表皮と真皮から羽毛が形成される。

問 3 実験ⅠおよびⅡから，ニワトリ 6 日胚のあしの真皮の誘導能の性質について考えられることを 60 字以内で答えなさい。

問 4 実験Ⅰ～Ⅲの結果から考えられることを 60 字以内で答えなさい。

問 5 実験Ⅳの結果から考えられることを 60 字以内で答えなさい。

7

植物の遺伝に関する、以下の問1～2に答えなさい。

問1 A～Fの6つの遺伝子について、異なる遺伝子型をもつ2つの植物を交雑した。大文字は優性の対立遺伝子を、小文字は劣性の対立遺伝子を示す。これらA～Fの6つの遺伝子はすべて異なる染色体に位置していて、異なる形質を支配している。

$$AaBBCcDdeeFf \times aabbCcDdEEFF$$

この交雑で得られた種子をまいて、十分な個体数からなる次世代の植物集団を育てた。

- (1) この集団には何種類の遺伝子型の個体が含まれるか、答えなさい。
- (2) この集団には何種類の表現型の個体が含まれるか、答えなさい。

問2 よく見られる濃紺色の果皮のナスと、白色の果皮のナスを交雑し、得られた種子をまいてF₁植物を育てた。F₁はすべて濃紺色の果皮をもつ果実を付ける植物だった。F₁植物を自家受粉し、得られた種子をまいてF₂植物を育てた。F₂植物は、果皮が濃紺色のもの、青色のもの、緑色のもの、白色のもの、の4通りの個体が現れ、その比率はおよそ9：3：3：1であった。

F₂では、果皮が濃紺色のものと白色のものだけでなく、両親とは違って青色のものと緑色のものが現れた。このことから、ナスの果皮色を支配する遺伝子には、青色の果皮にする遺伝子と緑色の果皮にする遺伝子の2つがあり、青色の果皮にする遺伝子と緑色の果皮にする遺伝子の両方が働くと、青色と緑色が果皮に現れる結果、2色が合わさって濃紺色になると考えられた。また、F₂個体の分離比から、青色と白色では ア が優性、緑色と白色では イ が優性であり、青色の果皮にする遺伝子と緑色の果皮にする遺伝子は連鎖して ウ という仮説が考えられた。

この仮説に基づき、青色の果皮にする遺伝子をX^b、果皮を青色にする作用のない対立遺伝子をX^wと表す。また、緑色の果皮にする遺伝子をY^g、

その対立遺伝子で果皮を緑色にする作用のないものを Y^w と表す。すると、交雑実験に用いた果皮が濃紺色のナスの遺伝子型は $X^bX^bY^gY^g$ と表すことができる。

- (1) 文章中の ア ~ ウ にあてはまる最も適切な語句を入れなさい。
- (2) 下線部の仮説が正しいとすると、 F_2 で現れた濃紺色の果皮のナスには、どのような遺伝子型の個体がどのような比率で含まれていると考えられるか、答えなさい。
- (3) 下線部の仮説を確かめるために、さらに交雑実験を行った。最初の実験に用いられた濃紺色の果皮のナスと白色の果皮のナスを交雑して得られた F_1 植物と、白色の果皮のナスを交雑した。下線部の仮説からは、どのような果皮の色の個体がどのような比率で現れると予想されるかを答えなさい。また、それぞれの個体の遺伝子型について答えなさい。

8 次の文章を読み、以下の問1～5に答えなさい。

眼は外界からのさまざまな刺激のなかでも光の刺激に反応し、その刺激の強さを脳に伝える受容器である。ヒトの眼は直径が約2.5 cmの球状の構造をしており、外界からの光は水晶体で屈折し、網膜上で像を結ぶ。

問1 ヒトの水晶体における屈折率の制御に関する以下の文章において、かっこの中から適切な語句を、それぞれ選択しなさい。

「遠くを見るときは毛様体が(収縮・弛緩)することによって、チン小体が⁽¹⁾(引っ張られ・緩み)、水晶体は⁽²⁾(厚く・薄く)なる。」
⁽³⁾

問2 ヒトの網膜の断面図を、網膜に含まれる細胞の配置、細胞名、細胞間のつながりがわかるように、図示しなさい。なお、光が入ってくる方向は、あらかじめ解答欄に矢印で示してある。

問3 ヒトの網膜上に存在する盲斑を検出する実験を行ったところ、眼から50 cm離れたところにある正面の壁上では、直径6 cmの円内の領域が見えないことがわかった。このとき、盲斑の直径として近いものを、以下の選択肢の中から選び、記号で答えなさい。

(a) 0.1 mm (b) 0.5 mm (c) 1 mm (d) 3 mm

問4 ヒトが色を認識するしくみを、75字以内で説明しなさい。

問5 キイロショウジョウバエの眼には赤眼(優性)と白眼(劣性)があり、伴性遺伝する。このとき、赤眼をもつ雌雄間で交配実験を行うと、雑種第一世代(F₁)の眼の色と性の組合せはどうなるか。考えられるすべての場合について、赤眼の雄：白眼の雄：赤眼の雌：白眼の雌の存在比を答えなさい。

9

次の文章を読み、以下の問1～4に答えなさい。

同種の生物集団は、各個体のもっている遺伝子の集まりとしてとらえることができる。集団遺伝学という研究分野では、集団内における遺伝子構成(遺伝子型の頻度や対立遺伝子の頻度)の変化を“進化”をとらえ、遺伝子構成の変化の要因、つまり進化をもたらす要因について研究を行う。

それでは集団の遺伝子構成の変化は、どのような要因によって起こるのだろうか。この問題を考える場合、逆に、遺伝子構成の変化が起こらないケース、つまり の法則がなりたつ場合を基準に考えると役にたつ。対立遺伝子 A と a が存在し、遺伝子型 AA, Aa, aa の頻度が、それぞれ P, H, Q だったとする ($P + H + Q = 1$)。この世代における対立遺伝子 A の頻度 p と a の頻度 q はそれぞれ、 P, H, Q を用いて計算することができる。 の法則がなりたつ場合、世代ごとに遺伝子頻度は変わらないので、現在の遺伝子型頻度から推定された遺伝子頻度 p と q を、前世代の頻度とみなすことができる。したがって、遺伝子型 AA, Aa, aa の頻度は p と q を用いて、それぞれ , , と表すことができる。実際の生物集団について、遺伝子型の頻度を観察により決定し、これと の法則がなりたつ場合の遺伝子型の頻度の期待値を比較し、もし明確なずれが存在する場合には、その集団になんらかの進化的要因が働いていることが推測される。

自然選択が働いた場合の遺伝子構成の変化を、ヒトのかま状赤血球貧血症の原因遺伝子を例に考えてみる。この病気の原因となる対立遺伝子を Hb^s 、正常な対立遺伝子を Hb^A とする。遺伝子型 Hb^sHb^s の人は、重い貧血症を示し、大部分が生殖年齢に達するまでに死亡する。しかし熱帯のある地域では、この遺伝子の頻度が比較的に高い値を示すことがある。このような地域に位置する国において、成人1万人について遺伝子型を調査したところ、遺伝子型 Hb^sHb^s が11人、 Hb^sHb^A が1978人、 Hb^AHb^A が8011人という結果になった。これと、 の法則から期待される値を比較してみると、遺伝子型 Hb^sHb^s の人数が期待値より低くだけでなく、遺伝子型 も期待値より低くなっていることがわかる。じつは、遺伝子 Hb^s が高頻度で存在する地域は、マラリアが

流行している地域内に含まれることが分かっている。遺伝子 Hb^s は貧血を起こすだけでなく、マラリア病原虫に対し抵抗性を示す。遺伝子型 カ の人は貧血が軽度で、マラリアにもかかりにくいので、マラリアの流行地域では他の遺伝子型の人よりも、生殖年齢に達するまでの死亡率が低いのである。この例のように、ホモ接合体より キ の方が、より環境に適応している場合には、両方の対立遺伝子が、ある一定の頻度で保持された状態で平衡状態に達する。

問 1 上の文章中の ア ~ キ にあてはまる最も適切な語句を入れなさい。

問 2 下線部(1)について、 p と q を、それぞれ P 、 H 、 Q で表した数式を書きなさい。

問 3 下線部(2)について、成人 1 万人あたりの各遺伝子型の期待値を答えなさい。

問 4 本文中で調査が行われた国において、以下のケースが生じたと仮定する。その後 100 世代程度の間、遺伝子 Hb^s の頻度はどのような変化をたどると予想されるか。図 1 の A から E で該当するものを選びなさい。なお、この国の人口は十分に大きく、結婚は、かま状赤血球貧血症の遺伝子型とは全く無関係に行われており、突然変異率や他国との間の人の出入りは無視できるほど小さい。また、以下のケースで想定したかま状赤血球貧血症の治療法は、遺伝子 Hb^s のマラリア病原虫に対する抵抗性には影響を及ぼさないものとする。

ケース 1 : かま状赤血球貧血症の治療法が改善され、遺伝子型 Hb^sHb^s の人の生殖年齢に達するまでの死亡率は、遺伝子型 $Hb^A Hb^A$ の人とほぼ等しくなった。

ケース 2 : 地球上からマラリアが撲滅された。

ケース 3 : かま状赤血球貧血症の完全な治療法が開発され、この病気で死ぬことはなくなった。

ケース 4 : 地球上からマラリアが撲滅され、かつ、かま状赤血球貧血症の完全な治療法が開発されてこの病気で死ぬことはなくなった。

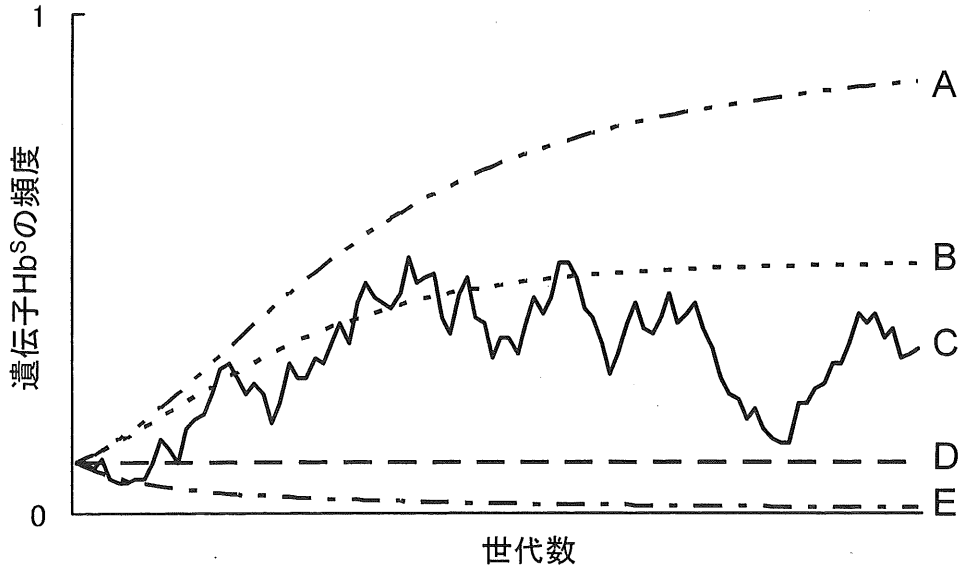


図1 遺伝子 Hb^S の頻度の変化

10 次の文章を読み、以下の問1～5に答えなさい。

休耕田が放置されると、さまざまな植物が入り込んで植物群落を形成する。これは一種の **ア** であり、新しい裸地から始まる一次遷移と異なり、比較的短時間で **イ** に達する。一次遷移の裸地ではまず **ウ** とよばれる植物が定着するが、**ア** では草本類が生育し、その後低木林から高木林へ、陽樹林から **エ** へと遷移し、最終的に安定した **イ** に達する。

休耕田を放置しておいたところ、単独の群落状態では図1のような特徴をもつ3種の草本植物が群落を構成していた。この図を **オ** という。aはイネ科型とよばれ、b、cは広葉型とよばれる。

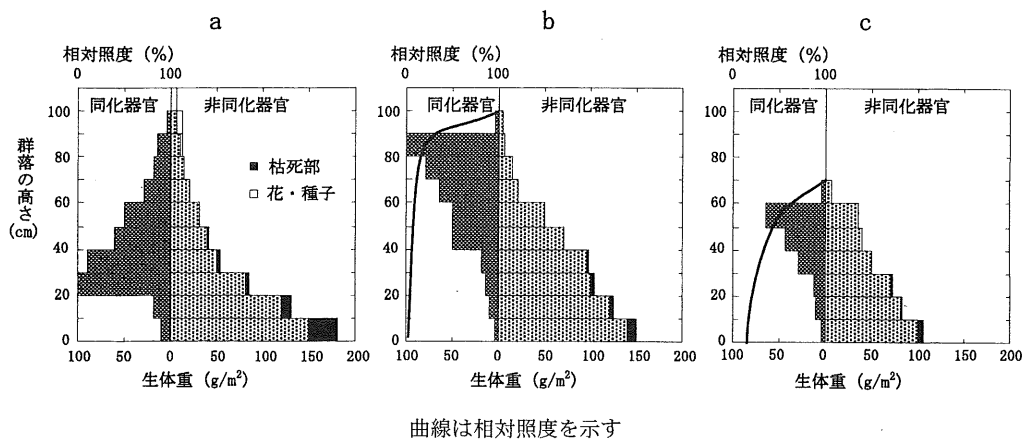


図1

aとbを比較した場合、aは細い葉が斜めに立っていて、光は群落内部まで届き、群落下部でも光合成が比較的活発に行なわれる。一方、bは広い葉が水平に上部につき、光は上部のみで遮られ、下部へはあまり入り込まない。群落の純生産量は、純生産量 = **カ** 量 - **キ** 量で表され、aに比べbの群落下部では光が当たらない葉の割合が多いため、**カ** 量は大きくなり、さらにその葉も **キ** はしており、純生産量が小さくなる。また、bの群落の上部の葉に当たる光が夏の直射日光下では **ク** を超えているため光合成速度はあまり大きくなり、さらに下部では光が当たらないため枯死する葉の割合も多くなり、成長量も小さくなる。このように植物群落では葉の空間的配置が大きく物質生産に関わっていることがわかる。

また、a, b, cの群落上部の葉の、ある期間中のみかけの光合成速度と光の強さの関係をみると、図2のようになった。

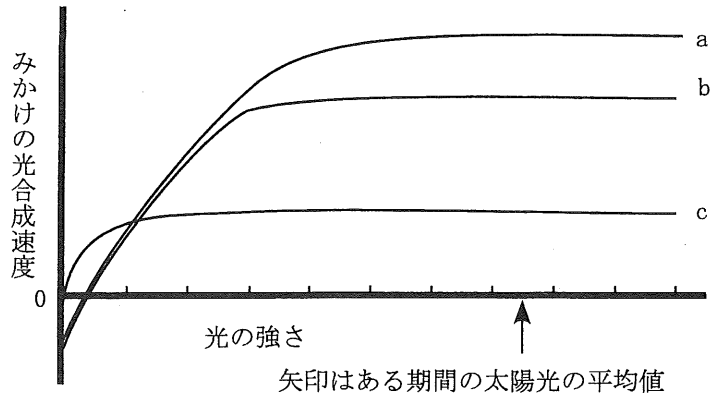


図 2

問 1 文中の ~ に最も適切な語句を入れなさい。

問 2 休耕地から始まる遷移と裸地から始まる遷移の最初の段階での環境の違いについて 150 字以内で述べなさい。

問 3 図3の1, 2, 3の曲線のうち、aの群落の相対照度に最もあてはまるものを1つ選びなさい。

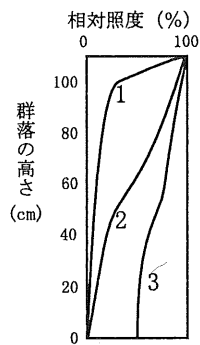


図 3

問 4 木本植物のない休耕田の状態、a と c が競争した場合、どちらが優勢になると思われるか。a か c を選択し、その理由を 100 字以内で述べなさい。
なお、この期間での太陽光の平均の強さは図 2 の矢印の位置とする。

問 5 の状態で、a と c が競争した場合、どちらが優勢になると思われるか。a か c を選択し、その理由を 100 字以内で述べなさい。なお、この期間での太陽光の平均の強さは図 2 の矢印の位置とし、 の状態の地表面近くに届く光はその 3 % とする。