

# 試験問題 一 生 物

受験地本名	番 号

## 受 験 心 得

- この試験問題は、指示があるまで開かないこと。
- 試験問題には、受験地本名と番号を試験係官の指示に従って記入すること。
- 試験時間は、理科の選択科目 2 科目を合わせて、1 4 時 4 5 分から 1 6 時 4 5 分までの 1 2 0 分間である。
- 携帯電話等は、電源を切り、使用できない状態にすること。
- 受験番号や解答が正しくマークされていない場合や、解答を訂正するときの消しゴムのカスなどで、採点されない場合があるので、注意すること。
- 解答用紙を折り曲げたり、破ったり、汚したりしないこと。
- 問題 **I** ~ **IV** の解答はマークシートにマークし、**V** ~ **VI** の解答は記述式用の解答用紙に記入すること。
- マークシートには、解答欄以外に次の記入欄があるので、試験係官の指示に従って、それぞれ正確に記入しマークすること。

### ① 氏名欄、受験番号欄

氏名、受験番号をマークシートの氏名欄、受験番号欄に記入すること。

### ② 受験地本名欄

受験票の受験番号欄に記載されている受験地本名を、受験地本名欄から選び、正確にマークすること。

(例) 受験地本名が札幌の場合

受 験 地 本 名				
札幌 <input checked="" type="radio"/>	茨城 <input type="radio"/>	静岡 <input type="radio"/>	兵庫 <input type="radio"/>	愛媛 <input type="radio"/>
函館 <input type="radio"/>	栃木 <input type="radio"/>	富山 <input type="radio"/>	奈良 <input type="radio"/>	高知 <input type="radio"/>

### ③ 番号欄

受験票の受験番号欄に記載されている 4 桁の数字を正確にマークすること。

(例) 4 桁の数字が 1 0 1 2 の場合

番 号			
<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

### ④ 科目欄

生物を選び、正確にマークすること。

### ⑤ 性別欄

性別をマークシートの性別欄に正確にマークすること。

- マークシートの解答は、適切な解答を 1 つ選択し、マークすること。

(例) **1** と表示のある問いに対して(3)と解答する。

解答 番号	解 答 欄											
	-	+	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>									

- 記述式の解答用紙には、解答欄以外に受験地本名欄、番号欄、氏名欄があるので、試験係官の指示に従って記入すること。
- 試験問題、解答用紙は全て回収するので、絶対に持ち帰らないこと。

I 減数分裂に関する次の文章を読んで以下の設問に答えよ。解答番号  から

生物を構成する細胞の中には体細胞分裂によって生じるものと、減数分裂によって生じるものがあるが、特に後者は有性生殖<sup>①</sup>を行う生物種のみで見られるものである。通常、減数分裂をする細胞は生殖細胞に限られており、筋細胞や上皮細胞などの体細胞で減数分裂は決して行われない。

動物の場合、発生中の体内に ( ② ) という細胞が出現し、将来、これが体細胞分裂により増殖して卵原細胞や精原細胞といった生殖細胞になる。減数分裂によって生じる配偶子では、染色体数が半減しており、オスとメスの配偶子の受精により染色体数は体細胞と同じに戻る。「減数」と付くのはこのためである。この過程では細胞 1 個あたりの DNA 量も減少する。

減数分裂では、第一分裂、第二分裂という連続する 2 回の分裂が起こり、オスでは 1 つの一次精母細胞から 4 つの精子が作られ、メスでは通常、1 つの一次卵母細胞から 1 つの卵と 3 つの極体が作られる。これらの過程の中で、減数分裂の第一分裂では、体細胞分裂では見られないプロセスが含まれる。ヒトでは ( ⑤ ) の卵母細胞が排卵される。

受精の際<sup>④</sup>、1 個の卵が 2 個以上の精子と受精できないよう、1 個の精子と受精すると、2 個目以降とは受精できなくなるしくみをもっている。この過程を観察するために、ウニがしばしば用いられる。<sup>⑥</sup>

問 1 下線部①について、以下の中で、自然界で有性生殖のみで増殖する生物はどれか、1 つ選べ。

- (1) カブトムシ
- (2) ミドリムシ
- (3) ヒドラ
- (4) 大腸菌
- (5) ジャガイモ

問 2 文中の空欄 ( ② ) にあてはまる細胞の名称はどれか、1 つ選べ。

- (1) 神経堤細胞
- (2) 始原生殖細胞
- (3) 間充織細胞
- (4) 胚性幹細胞
- (5) iPS 細胞

問 3 下線部③について、配偶子 1 個に含まれる DNA 量を 1 とした場合、減数分裂中の 1 個の細胞の DNA 量は次のどれになるか、1 つ選べ。

- (1) 第一分裂中期は 4、第二分裂中期は 2
- (2) 第一分裂中期は 4、第二分裂中期は 1
- (3) 第一分裂中期は 2、第二分裂中期は 1
- (4) 第一分裂中期は 2、第二分裂中期は 4
- (5) 第一分裂中期は 8、第二分裂中期は 4

問 4 下線部④について、体細胞分裂では見られないが、減数分裂の第一分裂中には見られる現象はどれか、1 つ選べ。

- (1) 核膜が消失すること。
- (2) 二価染色体が形成されること。
- (3) 紡錘糸が現れること。
- (4) 染色体が赤道面に並ぶこと。
- (5) 細胞質分裂が起こること。

問5 文中の空欄（⑤）にあてはまるのはどれか，1つ選べ。

- (1) 減数分裂の第一分裂中期で停止した状態
- (2) 減数分裂の第一分裂終了直前で停止した状態
- (3) 減数分裂の第二分裂前期で停止した状態
- (4) 減数分裂の第二分裂中期で停止した状態
- (5) 減数分裂の第二分裂終了直後

問6 下線部⑥について，ウニの受精時に生じる事象として適切でないものはどれか，1つ選べ。

- (1) 精子の鞭毛から卵膜を分解する酵素が分泌される。
- (2) 精子に先体突起が形成される。
- (3) 精子が卵黄膜を通過する。
- (4) 卵の表層粒が細胞膜と融合する。
- (5) 卵に受精膜が形成される。

問7 ウニは動物分類上どれに含まれるか，1つ選べ。

- (1) 節足動物
- (2) 棘皮動物
- (3) 刺胞動物
- (4) 脊索動物
- (5) 環形動物

II 分子時計に関する次の文章を読んで以下の設問に答えよ。解答番号  から

生物がもつ DNA の塩基配列やタンパク質のアミノ酸配列は世代を経て、変化する。一定の割合で配列が変化する場合、その速度に基づく<sup>①</sup>時間尺度を分子時計と呼ぶ。例えば脊椎動物におけるヘモグロビン α 鎖のアミノ酸配列は、種間変異の割合が共通祖先から分岐後の時間とおおよそ比例しており、<sup>②</sup>分子時計として利用されている。分子時計により、<sup>③</sup>化石記録が存在しない場合でも、ある 2 種が分岐した年代を推定することが可能である。ただしアミノ酸配列が変化する速度は系統によって異なる<sup>④</sup>場合があるため、分子時計としての使用には慎重さが必要である。<sup>⑤</sup>

問 1 下線部①をあらわす用語として正しいのはどれか、1つ選べ。

- (1) 化学進化
- (2) 分子進化
- (3) 遺伝子発現
- (4) 遺伝子組み換え
- (5) ハーディ・ワインベルグの法則

問 2 下線部②に示すのはタンパク質の何次構造か、1つ選べ。

- (1) 一次構造
- (2) 二次構造
- (3) 三次構造
- (4) 四次構造

問 3 下線部③について、ヒトと他の脊椎動物間にみられた、あるタンパク質のアミノ酸配列におけるアミノ酸の置換数を表 1 に示す。ヒトとの分岐年代が正確であると仮定した場合、アミノ酸の置換数が、期待される比例関係から最もずれていると考えられるのはどの種か、1つ選べ。

- (1) コイ
- (2) サメ
- (3) ニワトリ
- (4) カンガルー
- (5) ハリモグラ

表 1 あるタンパク質のアミノ酸配列におけるアミノ酸の置換数

	コイ	サメ	ニワトリ	カンガルー	ハリモグラ
置換数 (個)	68	79	36	27	38
分岐年代 (億年)	4	4.4	3	1.35	2.2

置換数は140個のアミノ酸による配列において、ヒトと比較した場合の数。分岐年代は化石証拠から推定されたもの (億年)。

問 4 下線部③について、分子時計として使われるタンパク質を表 2 に示す。この中のあるタンパク質の100個のアミノ酸による配列を、霊長類 4 種と霊長類に含まれないが最も近縁であるツパイの間で比較したところ表 3 のようなアミノ酸の置換数の違いがみられた。このタンパク質はどれか、1つ選べ。

表 2 分子時計として使われるタンパク質

タンパク質	10億年あたりのアミノ酸置換数
フィブリノペプチド	8.3
リゾチーム	2.0
ミオグロビン	0.89
シトクロム c	0.3
ヒストン	0.01

表3 あるタンパク質の100個のアミノ酸による配列におけるアミノ酸置換数

	ツパイ	スローロリス	ニホンザル	チンパンジー	ヒト
ツパイ					
スローロリス	29				
ニホンザル	30	24			
チンパンジー	30	25	10		
ヒト	30	24	9	3	

- (1) フィブリノペプチド
- (2) リゾチーム
- (3) ミオグロビン
- (4) シトクロム c
- (5) ヒストン

問5 下線部④について、問4のタンパク質のアミノ酸配列を使った場合、霊長類がツパイとの共通祖先から分岐したと推定される年代として最も近いのはどれか、1つ選べ。

- (1) 約20万年前
- (2) 約700万年前
- (3) 約2000万年前
- (4) 約7000万年前
- (5) 約2億年前

問6 下線部⑤について、問4のタンパク質のアミノ酸配列を霊長類の一種であるハヌマンラングールでも調べてみたところ、アミノ酸の置換数が期待される数より大きくなることが分かった。ハヌマンラングールにいたる系統で過去にアミノ酸の置換数を分子時計で期待される以上に増加させたと考えられる進化現象は何か、最も適切なものを1つ選べ。

- (1) 種分化
- (2) 適応進化
- (3) 突然変異
- (4) 細胞内共生
- (5) ボトルネック（びん首）効果

問7 問6でハヌマンラングールに見られたアミノ酸置換は、胃の細胞における問4のタンパク質の機能発現に関わっていることが分かった。さらに同じアミノ酸置換がウシなどの反すう動物にもみられることがわかった。ハヌマンラングールと反すう動物の間で起こった進化現象とその背景となる共通する食性の組み合わせとして最も適切なものはどれか、1つ選べ。

- | 進化現象     | 食性  |
|----------|-----|
| (1) 共進化  | 葉食  |
| (2) 収れん  | 葉食  |
| (3) 形質置換 | 葉食  |
| (4) 共進化  | 果実食 |
| (5) 収れん  | 果実食 |
| (6) 形質置換 | 果実食 |

Ⅲ

血糖濃度の調整に関する次の文章を読んで以下の設問に答えよ。解答番号  から

ヒトの身体では、血糖濃度を常に適切な範囲に保つための機構がはたらいている。食物中のデンプンは消化されてグルコースとして小腸で吸収され、肝門脈を通じて肝臓に入りグリコーゲンとして貯蔵される。肝臓でのグリコーゲンの合成と分解を<sup>②</sup>とおして、ヒトの活動に応じて変化する血糖濃度の調整が行われている。

問1 下線部①について、肝臓でのグリコーゲン分解を促進する主要なホルモンを1つ選べ。

- (1) 鉱質コルチコイド
- (2) 糖質コルチコイド
- (3) アドレナリン
- (4) パラトルモン
- (5) バソプレシン

問2 下線部①について、図1のグラフは、健常者の食事前後の血糖濃度の変化を示している。このときのインスリンとグルカゴンの血中濃度の時間変化に最も近いパターンをそれぞれ1つずつ選べ。ただし、ホルモン濃度の上昇・下降のパターンのみを問うため、グラフに濃度値は示していない。

インスリン：  / グルカゴン：

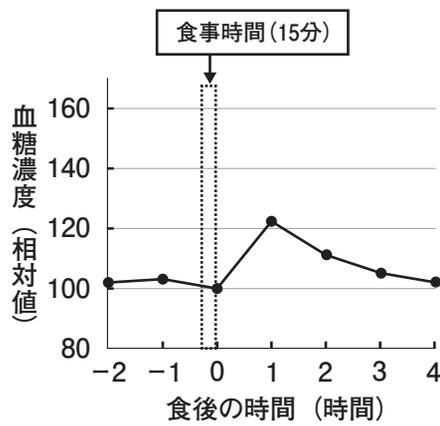


図1 食事前後の血糖濃度の変化

- (1) (2) (3) (4) (5) (6)

問3 下線部②について、ヒトの肝臓は、枝分かれ構造をもつグリコーゲンをグルコースの貯蔵分子とする血糖濃度調整の機能をもつ。これについて図2のように全グルコースが直鎖状に重合したアミロースと比較して考えてみよう。肝細胞内のグリコーゲンはあるタンパク質を起点としてグルコースが重合しできている。グリコーゲンの大部分のグルコースは直鎖状に重合しているが、一部に枝分かれの結合をもつ。ここではグルコース10分子ごとに1つ枝分かれをもつとする。図2のように、肝臓では、グルコース間の直鎖状の結合を片端から1分子ずつ切断する酵素Aがグルコース重合体の直鎖部分の分解を担っている。仮に、グルコース約600分子が重合したアミロース1分子、あるいはグルコース約600分子が重合したグリコーゲン1分子を、別々の試験管に入れて、上記の切断酵素Aをそれぞれに十分量加え各重合体を分解する過程を考えてみよう。アミロースとグリコーゲンの分解開始直後における分解速度の比較として最も適切なものを1つ選べ。

18

- (1) アミロースの方がおよそ2倍速く分解する
- (2) グリコーゲンの方がおよそ2倍速く分解する
- (3) グリコーゲンの方がおよそ10倍速く分解する
- (4) グリコーゲンの方がおよそ30倍速く分解する
- (5) どちらもおよそ同じ速度で分解する

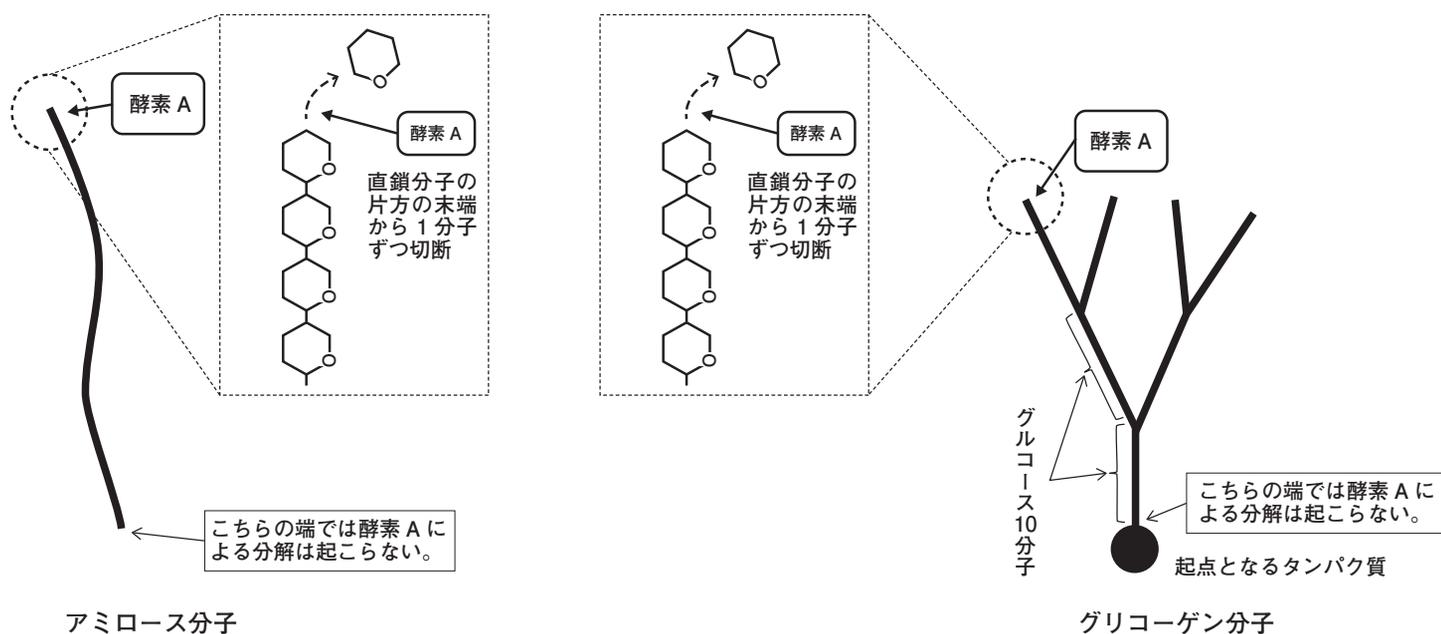


図2 酵素Aによるアミロースとグリコーゲンの分解

問4 肝臓と並んでグリコーゲンを多く含むのは筋肉である。陸上競技の選手が、①全速力で100 m走のゴールを駆け抜けて、大腿の筋細胞内がほぼ無酸素状態のときと、②数キロメートルの距離をウォーキングしているとき、それぞれの状況で選手の大腿の筋細胞で主に起きている代謝として最も適切と考えられるものを2つずつ選べ。ただし、①と②で共通する解答も可とする。

①100 m走： 19 ・ 20 / ②ウォーキング： 21 ・ 22

- (1) 解糖
- (2) 呼吸
- (3) グリコーゲン分解の促進
- (4) グリコーゲン合成の促進
- (5) グリコーゲン分解に優先する脂肪分解
- (6) グリコーゲン分解に優先するタンパク質分解

森林に降り注ぐ日光は、植物体に吸収される。このため、地表に届く光の波長分布は、植物体上の光の波長分布と異なる(図1)。

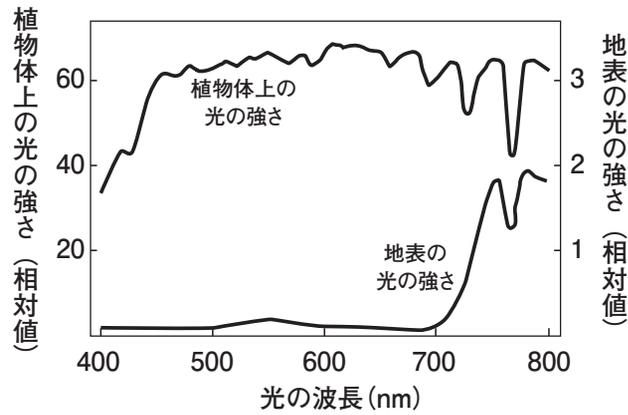


図1 植物体上と地表における光の波長分布

左の縦軸の1目盛りは、右の縦軸の20目盛りに相当する。

光の波長による発芽への影響を調べるため、レタス種子を6つの実験グループに分け、光の当たらない場所に置き、照射装置を使って赤色光(R)と遠赤色光(FR)を図2に示すa~fの条件でそれぞれに照射した。これらの照射後、全ての種子をさらに2日間、光の当たらない場所に置き、発芽率を求めた。

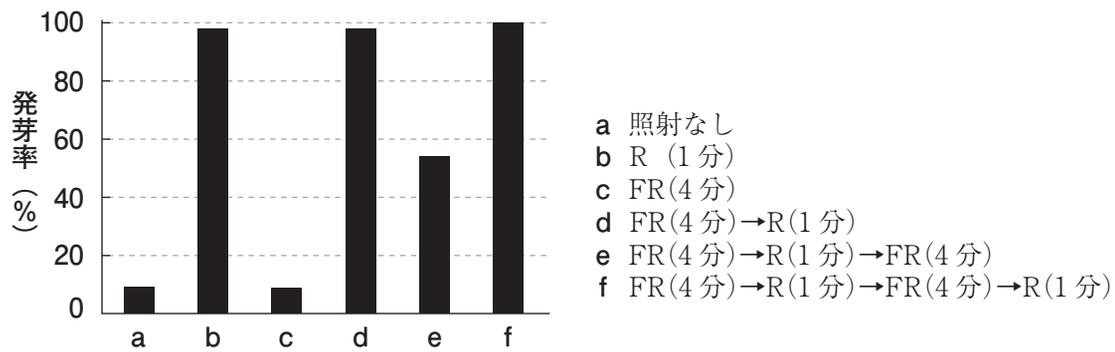


図2 レタス種子の発芽に対する赤色光(R)・遠赤色光(FR)照射の影響

光受容体のひとつであるフィトクロムはPr型またはPfr型として存在し、光の吸収で可逆的に変換する。森林の日陰では種子中のフィトクロムは主にPr型であるが、落葉等の影響で光が届くようになるとPfr型の割合が大きくなる。このPfr型フィトクロムがある植物ホルモンXの合成を促進し、発芽率を高めると考えられている。一方、青色の光による茎の伸長抑制に関わる光受容体Yも発見されている。

問1 図2全体から判断し、発芽率を最も高める条件はどれか、1つ選べ。 23

- (1) 最初にRを照射する
- (2) 最初にFRを照射する
- (3) 最後にRを照射する
- (4) 最後にFRを照射する
- (5) RとFRのどちらも照射する

問2 下線部①の植物ホルモンXとして最も適切なものを1つ選べ。 24

- (1) エチレン
- (2) オーキシシン
- (3) ジベレリン
- (4) フロリゲン
- (5) アブシシン酸

問3 植物ホルモンXは種子のどこで合成されるか、最も適切なものを1つ選べ。 25

- (1) 胚
- (2) 種皮
- (3) 胚乳
- (4) 糊粉層

問4 下線部②の光受容体Yは何か、最も適切なものを1つ選べ。 26

- (1) オーキシシン
- (2) ロドプシン
- (3) カロテノイド
- (4) クロロフィル
- (5) クリプトクロム

問5 図3のA～Cは、Pr型フィトクロム、Pfr型フィトクロム、および光受容体Yのいずれかの吸収スペクトルを示している。前ページの説明文から判断し、正しい組み合わせを1つ選べ。 27

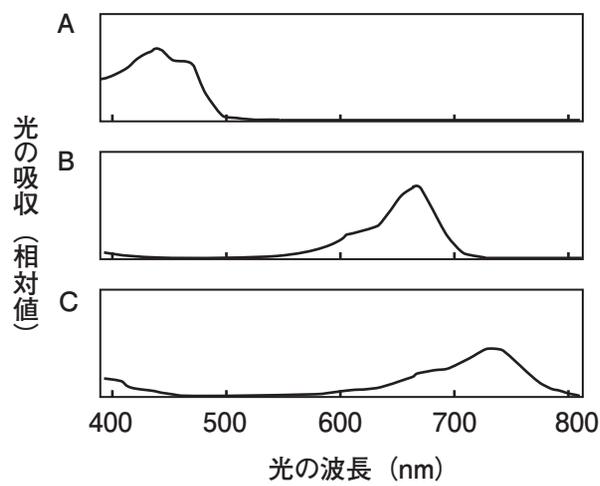


図3 光受容体A～Cの吸収スペクトル

	A	B	C
(1)	Pr型フィトクロム	Pfr型フィトクロム	Y
(2)	Pfr型フィトクロム	Pr型フィトクロム	Y
(3)	Pr型フィトクロム	Y	Pfr型フィトクロム
(4)	Y	Pfr型フィトクロム	Pr型フィトクロム
(5)	Y	Pr型フィトクロム	Pfr型フィトクロム

問6 植物ホルモンXはさまざまな植物体に存在する。水中の葉の形状形成へのXの関与を実験で調べた。

ミズハコベの葉の形は陸上と水中で育ったときで大きく異なるが、Xの生合成阻害薬Zを水中に加えて育てると結果に変化がみられた(図4)。しかし、陸上でXを与えて育てても葉の形に大きな変化はみられなかった。以上から推測できることとして、適切なものを2つ選べ。  ·

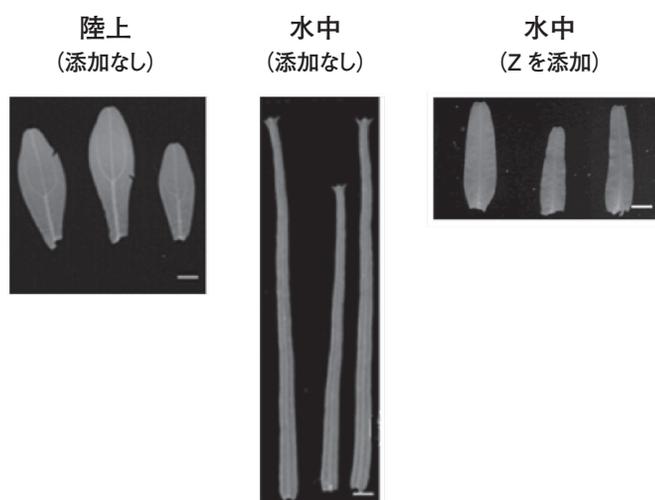


図4 ミズハコベの葉の形状

スケールバーは1 mmを示す。

- (1) 陸上で、Xは葉の縦方向の伸長を促す。
- (2) 陸上で、Zは葉の縦方向の伸長を促す。
- (3) 水中で、Xは葉の縦方向の伸長を促す。
- (4) 水中で、Zは葉の縦方向の伸長を促す。
- (5) 水中での葉の縦方向の伸長促進には、Xとは別に水中環境に関連した因子の作用が示唆される。

V 学習に関する次の文章を読んで以下の設問に答えよ。

動物は複数の神経細胞(ニューロン)で構成される神経系のはたらきで、刺激に応じた反応や行動を起こす。外界からの刺激は、感覚ニューロン<sup>①</sup>→(介在ニューロン)→運動ニューロンの順で神経回路を伝わり、応答が起こる。動物は、経験を通してこの神経回路の機能を一部修飾することで行動を変化させ環境へ適応することができる。これを学習という。アメフラシの比較的単純な神経回路を利用して、学習のメカニズム<sup>②</sup>の一端が明らかにされている。

問1 下線部①について、図1は一般化したニューロンの模式図である。以下の設問(1)(2)に答えよ。

- (1) 図1の(ア)(イ)の部位の名称を記せ。
- (2) 図1の(ア)から刺激が入った場合、(イ)とシナプスにおいて、興奮の伝わり方が1方向性(点線矢印)を示すしくみをそれぞれ簡潔に記せ。

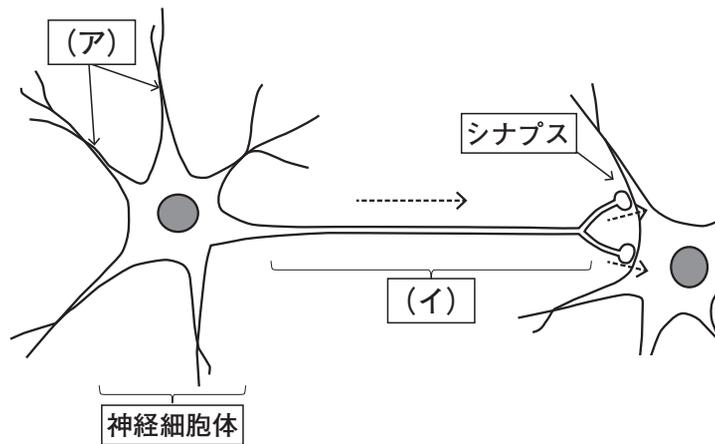


図1 ニューロンの模式図

問2 下線部②について、図2はアメフラシの水管を短い時間に繰り返し同じ強さで刺激したときのえらの引っ込み反射の変化を示している。図2のグラフから読み取れることを2つ簡潔に説明せよ。また、このような学習は何と呼ばれるか、記せ。

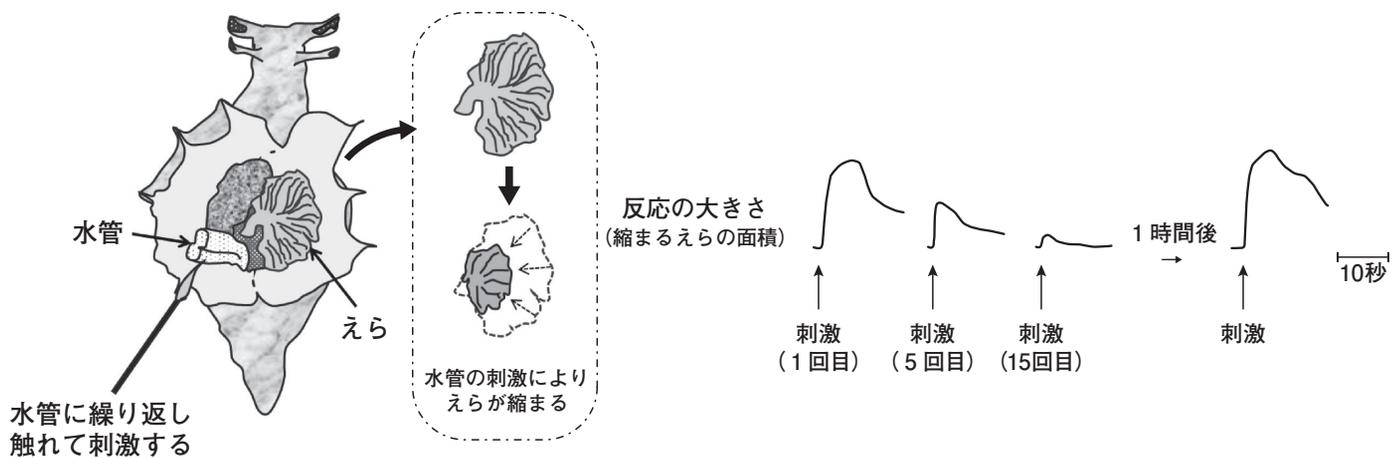


図2 水管への繰り返し刺激とえらの引っ込み反射の変化

問3 図3は、水管を繰り返し同じ強さで刺激したときの水管の感覚ニューロンの活動電位と、えらを動かす運動ニューロンの興奮性シナプス後電位（EPSP）を記録した実験の結果を示している。図3のグラフから、この学習のメカニズムについて明らかになったことを説明せよ。

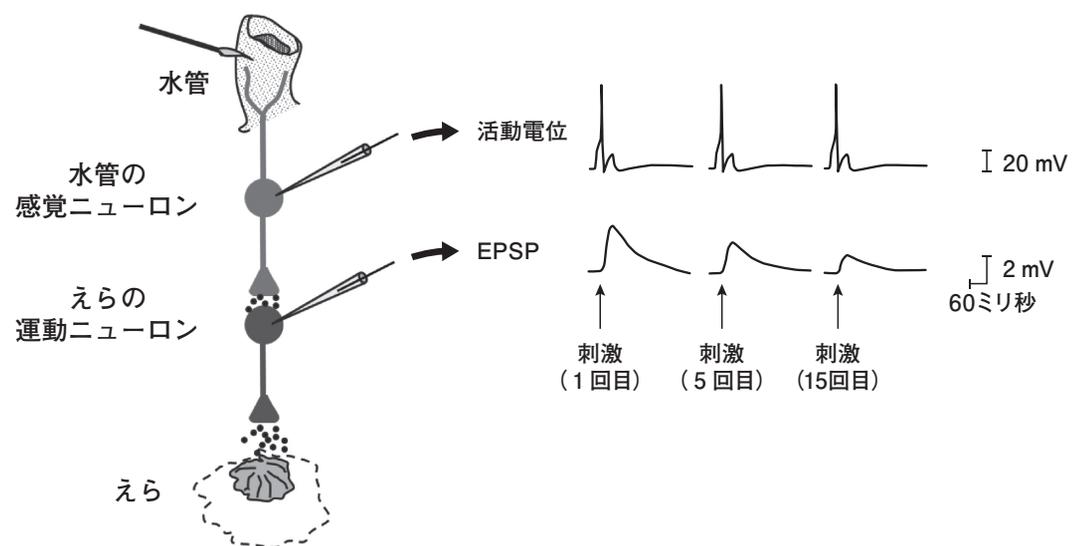


図3 水管への繰り返し刺激と神経回路の反応

VI

転写に関する次の文章を読んで以下の設問に答えよ。

半世紀以上前にフランシス・クリックの提唱したセントラルドグマは、現在も分子生物学の中心概念で、原核細胞と真核細胞に共通しているしくみである。セントラルドグマに関する研究で、転写調節のメカニズムが明らかになってきた。

問1 下線部のセントラルドグマとは何か、50字以内で説明せよ。

(実験1)

真核細胞の転写の様子を電子顕微鏡で観察するために、ある昆虫の胚細胞から染色体を抽出した。図1は、得られた染色体とそれに付着する転写中のRNAの典型的な顕微鏡像を描写したものである。図2は、図1中の矢印の示す位置を起点として染色体上のそれぞれのRNAの付着位置までの距離と、それらのRNAの長さとの関係をプロットしたものである。

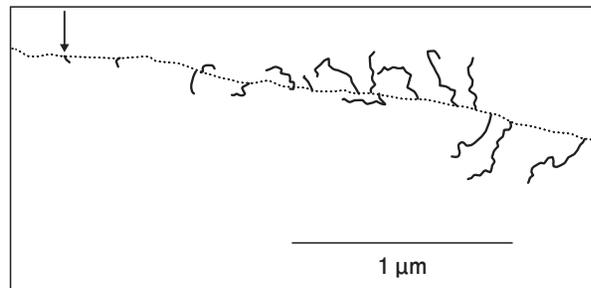


図1 胚細胞由来染色体の電子顕微鏡像 (描写図)

染色体は点線、転写されたRNAは実線で示す。

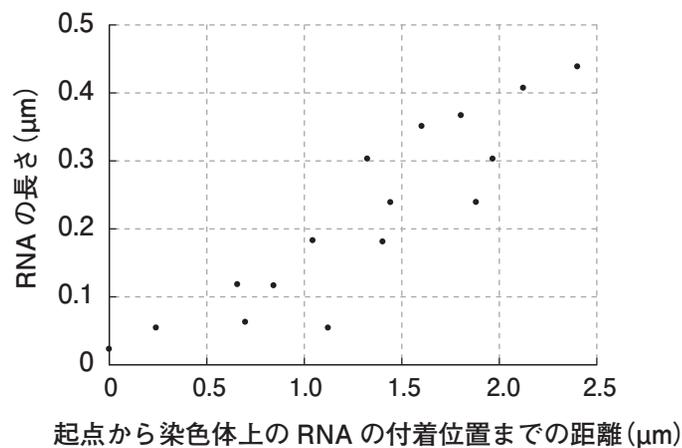


図2 染色体上のRNAの付着位置と長さの関係

問2 図1と図2からこの転写について気が付いたことを挙げ、「○○である。したがって、△△と考えられる。」のような文型で、50字以内で説明せよ。

(実験 2-1)

真核細胞の転写調節には、プロモーターやエンハンサー（転写促進にはたらく転写調節領域）が関与することが知られている（図 3）。昆虫の胚細胞の染色体に、遺伝子 X、そのプロモーター、およびエンハンサー A を図 4 ①のように配置して遺伝子導入し、染色体からの転写を蛍光タンパク質の蛍光として検出できるように工夫したところ、蛍光強度の上昇が数分間隔で断続的に認められた。次に、エンハンサーの種類やプロモーターとの位置関係が転写に及ぼす影響を検討するため、エンハンサー B を A の代わりに挿入（図 4 ②）、あるいはプロモーターとエンハンサー A または B の距離を離す条件（図 4 ③、④）で測定した。

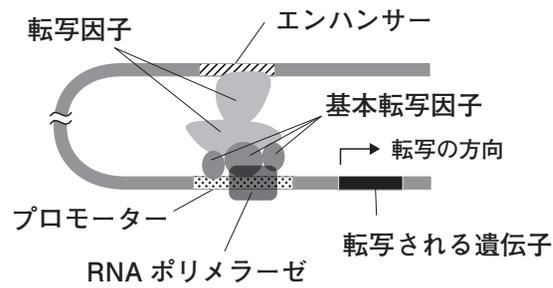


図 3 転写調節のしくみの例

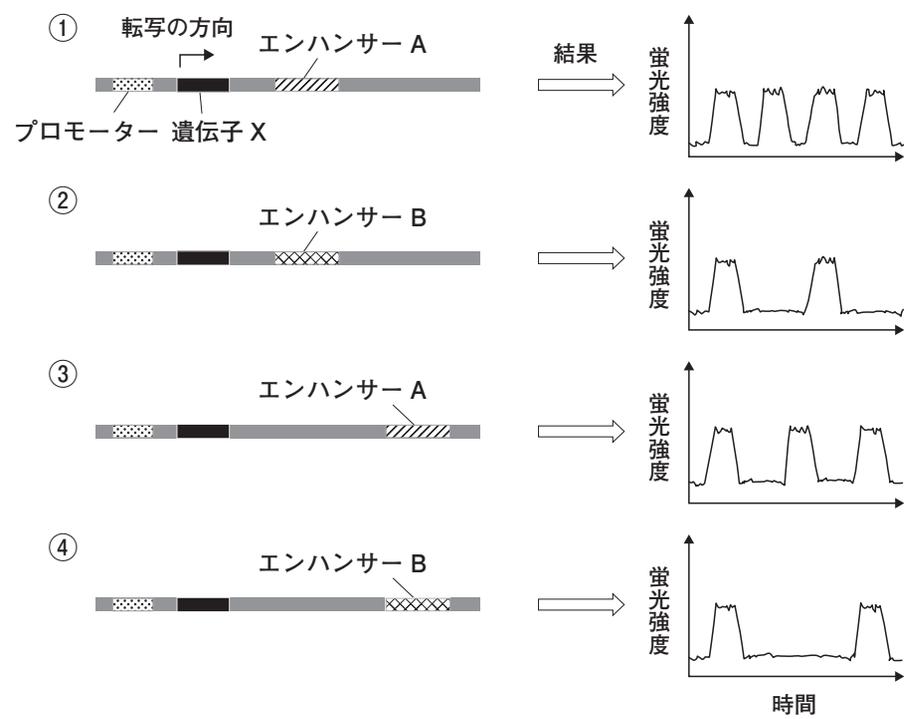


図 4 実験 2-1 のデザインと測定結果

問 3 実験 2-1 の測定結果を、50 字以内で説明せよ。

(実験 2-2)

単一のエンハンサーが複数の転写に関与する可能性を調べるため、エンハンサー C を 2 つのプロモーターから等距離に配置し、3 通りの結果を予想した (図 5)。実際に昆虫の胚細胞に遺伝子導入後、実験 2-1 と同様の方法で細胞ごとの転写を蛍光強度で測定したところ、予想 3 に近い結果が得られた。

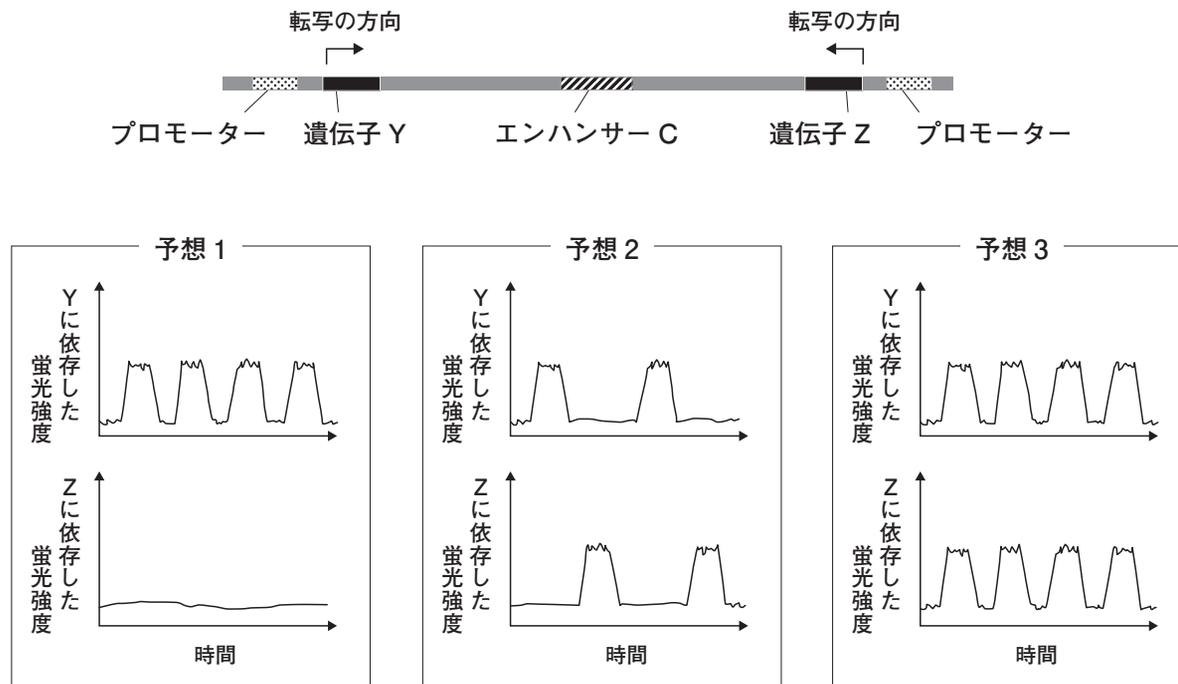


図 5 実験 2-2 のデザインと結果の予想

問 4 実験 2-2 の条件で、エンハンサー C が遺伝子 Y と Z の転写をどのように調節したか推測し、50 字以内で説明せよ。

