

理 科

<監督者の指示があるまで開いてはいけない>

1. 受験票に指定した2科目について、解答を別紙の解答用紙に記入しなさい。
2. 下書きや計算は問題用紙の白紙部分を利用しなさい。
3. 記入中でない解答用紙は必ず裏がえしにしておきなさい。
4. 問題用紙は各科目の試験終了後持ち帰ってもよい。
ただし、試験途中では持ち出してはいけない。

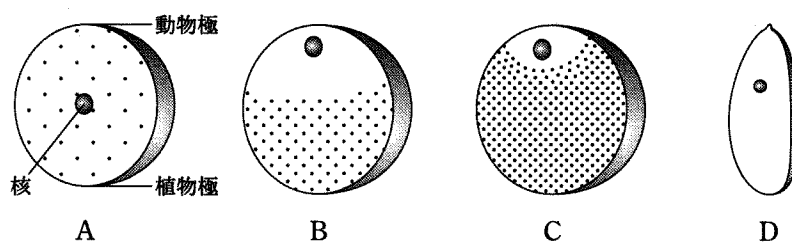
問 題 目 次

物 理	1 ~ 5	ページ
化 学	6 ~ 12	ページ
生 物	13 ~ 21	ページ

生 物

1. 発生に関する各問いに答えよ。

I. 下図は、核の位置および卵黄の分布が異なる4種類の動物卵の縦断面であり、図中の点は卵黄を表す。ただし、Dには卵黄は描かれていない。



問 1. A の卵について、図の上部を動物極、下部を植物極とする。動物極とはどのようにして決定された位置か、述べよ。

問 2. 卵黄の分布と卵割の様式について、B の卵に該当するものを次のア～カよりすべて選び、記号で答えよ。

ア. 等黄卵 イ. 端黄卵 ウ. 全割 エ. 部分割 オ. 等割 カ. 不等割

問 3. C の卵では、動物極付近のみで卵割が起きる。このような卵をもつ生物を a～d より選び、記号で答えよ。

a. イモリ b. ニワトリ c. ウニ d. ヒト

問 4. D の卵では、まず、中央付近で核分裂が進み、それらの核が卵の表面に移動すると細胞の仕切りができ、卵割が進行する。このような卵割をする卵では、卵黄はどのように分布していると考えられるか。次のア～オより選び解答欄 a に記号で答えよ。また、その理由として、卵黄の分布と卵割の起こり方にはどのような関係があるか。解答欄 b に述べよ。

ア. 卵全体に均一に分布 イ. 卵の周辺付近にかたよって分布
 ウ. 卵の中央付近にかたよって分布 エ. 卵長軸の上端付近にかたよって分布
 オ. 卵長軸の上端付近を除く全域に分布

II. 被子植物の受精卵では、最初の分裂によってできた2個の細胞のうち、一方の細胞は分裂・成長して球形の となり、他方の細胞からは が形成される。 の細胞はやがて子葉、、胚軸、幼根の細胞に分化する。 はその後、細胞が死に退化する。

問 5. 文中の1～3の の中に適当な語を記入せよ。

問 6. 下線部のように、ある細胞が周辺に害を与えることなく特定の時期に死ぬことは、生物体の形成・維持の上で重要な意味をもち、プログラム細胞死とよばれている。胚のう母細胞から胚のうが形成されるまでに起こるプログラム細胞死の例を1つ挙げよ。

問 7. 細胞分裂の観点より、動物の卵割と被子植物の初期発生の分裂の相違点を述べよ。

2. 植物ホルモンに関する各問いに答えよ。

植物の発芽・成長・開花・結実・休眠・落葉などの各段階は、様々な環境要因によって調節されており、植物ホルモンはその調節過程で重要な役割を果たしている。図1は植物の一年と植物ホルモン(a~e)およびフロリゲンの関係を表し、+はホルモンによる促進、-は抑制を示す。

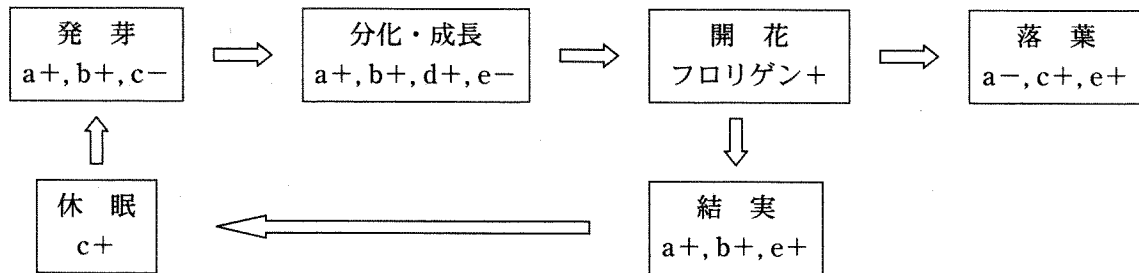


図1

- I. レタスやシロイヌナズナなどの種子は、発芽に光を必要とする 種子である。レタスの種子は赤色光があたると発芽が進み、遠赤色光があたると発芽が抑制される。また、レタスの種子は赤色光があたると植物ホルモンbを合成し、発芽に必要な酵素 を誘導し、糖を分解する。
- II. 茎と葉の成長には植物ホルモンa, b, dが促進的に働いている。このときbは茎が細長く伸長する時に必要で、dは葉が拡大成長するときに働くと考えられている。一方eは抑制的に働く。植物は風に吹かれたり、機械的な接触がたびたび起こるとeをつくり、伸長成長を抑制し茎を太らせる。
- III. 葉や果実が老化すると、落葉・落果が起こる。このとき葉柄や果柄の付け根に特別な細胞層が^③つくられる。この細胞層では、やがて細胞間の結合が弱まり器官が離脱する。

問 1. 植物ホルモンaはオーキシンを示している。オーキシンについて述べた次の文章のうち、誤っているものをすべて選び、記号で答えよ。

- ア. オーキシンは、茎の成長を促進する最適濃度では、根の成長を抑制する。
- イ. 茎頂にある腺細胞で作られたオーキシンは、植物体内を下降する。
- ウ. 若い葉の葉身を切り取り、切り口にオーキシンを塗っておくと、葉柄は離脱しない。
- エ. オーキシンには細胞壁をやわらかくする作用がある。
- オ. オーキシンを茎の片側に塗ると、その濃度に比例して塗った側の成長が促進され続ける。
- カ. オーキシンは茎の先端部から基部へと受動輸送される。
- キ. 頂芽を除いた切り口にオーキシンを塗ると側芽の伸長が抑えられる。

問 2. , の中に適当な語を記入せよ。

問 3. 植物ホルモン c, d の名称を記せ。

問 4. レタスの種子は小さく栄養分が少ない。このような種子は、一般に地中深く埋まった状態では発芽が抑制される。その理由を述べよ。

問 5. 下線部①で茎が細長く伸長しているときと、下線部②のように茎が太るときでは細胞中のセルロース繊維の形成方向に違いが見られる。どのような違いか、述べよ。

問 6. 下線部③の特別な細胞層の名称を記せ。

問 7. 植物ホルモン c の落葉における働きについて、正しいものを一つ記号で答えよ。

ア. 植物ホルモン a の合成を誘導する。

イ. 植物ホルモン a の合成を抑制する。

ウ. 植物ホルモン e の合成を誘導する。

エ. 植物ホルモン e の合成を抑制する。

問 8. 植物は葉で日長を感知してフロリゲンをつくり、これが茎の先端部に運ばれて花芽を誘導し、その後、それぞれの原基が花をつくる器官になる。シロイヌナズナの花は外側から順にがく、花弁、雄しべ、雌しべと同心円状に配置されており、花の形成は、図 2 に示すように、A, B, C という 3 つの調節遺伝子の働きによって制御されている。調節遺伝子 B が変化してその働きが失われると、どのような花ができるか、答えよ。

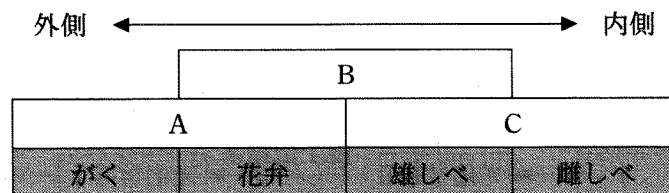


図 2

3. 代謝に関する各問いに答えよ。

細胞進化上、ミトコンドリアと葉緑体は、いずれも宿主となる原核生物に別の原核生物が共生して作られた細胞小器官と考えられている。すなわち、ミトコンドリアは好気性細菌が、葉緑体は原始ラン藻類が共生したものと考えられており、このような考え方を「共生説」という。

ミトコンドリアと葉緑体は、ともに代謝の場で、内部でATP合成が行われることも重要な共通点である。ミトコンドリアの [1] にある電子伝達系では、電子伝達に伴い水素イオン(H^+)が内膜の内部の [2] 側から膜間腔(内膜と外膜の間の腔所)へ [X] 排出される。排出された H^+ は膜間腔に集積し、その結果、 [Y] 膜間腔から [2] 側へ戻ろうとするため、このとき遊離するエネルギーによってATPが合成される。

葉緑体における電子伝達系は [3] 膜に存在する。図1に示すように、光エネルギーによって [4] が分解され、電子は光化学系Ⅱに入る。 [4] の分解に伴って H^+ と [5] が発生する。続いて電子は電子伝達系に受け渡された後、光化学系Ⅰに受け取られる。光化学系Ⅰで光エネルギーによって活性化したクロロフィルから放出された電子は最終的に補酵素に結合する。光化学系ⅡとⅠを結ぶ電子伝達系でのATP合成のしくみはやはり H^+ の [X] の輸送と [Y] の輸送を伴うものでミトコンドリアでのATP合成のしくみとほとんど同一である。また、シトクロムなど電子伝達に関わる成分も共通したものが多い。これらの事実から、ミトコンドリアの電子伝達系と葉緑体の電子伝達系は進化的に共通のものと考えられている。

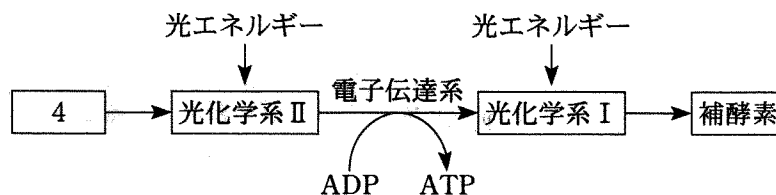


図1

問1. 文章中の [1] ~ [5] に適当な語を記入せよ。

問2. ミトコンドリアと葉緑体に関する次の問い(1)~(3)に答えよ。

(1) 下線部①について、次のア~オの記述のうち、共生説を裏付ける根拠として適当とはいえないものを一つ選び、記号で答えよ。

- ア. いずれも独自のDNAを持つ。
- イ. いずれも外膜と内膜が異質の二重の生体膜で囲まれている。
- ウ. いずれも細胞の分裂とは半自律的に分裂する。
- エ. いずれもイントロンを含む遺伝子を持つものが存在する。
- オ. いずれも独自のリボソームや運搬RNAを持つ。

(2) 次の①～⑦のうち、ミトコンドリアと葉緑体のいずれも持たない生物をすべて選び、番号で答えよ。

- ① ネンジュモ ② カナダモ ③ ゾウリムシ ④ 大腸菌
 ⑤ 紅色硫黄細菌 ⑥ 酵母 ⑦ キイロタマホコリカビ

(3) 下線部②について、光合成での ATP 合成における H^+ の輸送について述べた次のア～エの記述のうち、正しいものを選び、記号で答えよ。

ア. H^+ は 内部の腔所に集積し、 内部の腔所からストロマに戻るときに ATP が合成される。

イ. H^+ は 内部から運び出されてストロマに集積し、ストロマから 内部に戻るときに ATP が合成される。

ウ. H^+ は葉緑体の内部から外部に運び出されて外部に集積し、葉緑体外から葉緑体内に戻るときに ATP が合成される。

エ. H^+ は葉緑体の外部から内部に運び出されて内部に集積し、葉緑体内から葉緑体外に戻るときに ATP が合成される。

問 3. 文章中の と に適当な記述をそれぞれ次のア、イのうちから選べ。

ア. 濃度勾配に従って

イ. 濃度勾配に逆らって

問 4. 図 2 はアオサの光合成作用スペクトルとクロロフィル a, b の吸収スペクトルを表している。図によると、波長 500 nm 付近の光はクロロフィル a, b とともにほとんど取り込まれていないにもかかわらず、光合成にはある程度有効である。その理由を述べよ。

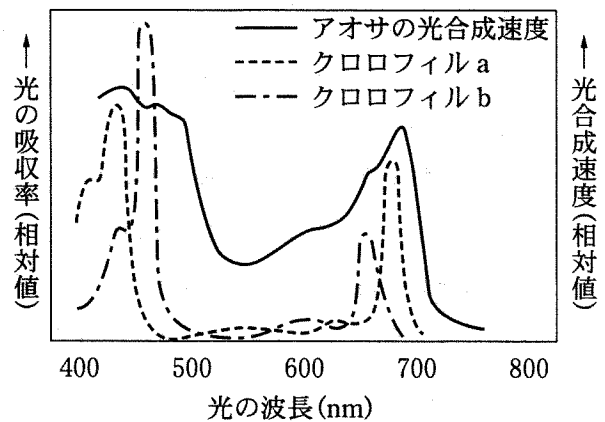


図 2

問 5. 好気呼吸と燃焼は、本質的には同じ現象であるが、まったく同じというわけではない。両者の違いを簡潔に述べよ。

4. 生物の進化に関する次の文章(I・II)を読み、各問いに答えよ。

I. 動物の多くは雌雄異体である。雌雄異体の種では、形態などに雌雄間で大きな違いが見られることがあり、性的二形と呼ばれる。

性的二形として有名な形質に、雄ライオンのたてがみや雄クジャクの尾羽がある。一般に、生物の形態や行動、生活様式などは適応により進化したと考えられるが、たてがみが雄ライオンの生存に大きく役立つとは考えにくく、雄クジャクの目立ち長すぎる尾羽の場合は個体の生存に不利とさえ考えられる。では、性的二形は、どのような点で適応的なのであろうか。

性的二形、特に個体の生存に意味がない形質や不利になる形質は、配偶者によって選ばれることによって、繁殖上有利になり進化したと考えられている。次のような仮定をおいて、理論的に考察してみる。

【考察文】

まず、次のような仮定をおく。

- ・有性生殖を行う雌雄異体動物において、ある量的遺伝形質(長さ・重さなど数値で表せる遺伝形質)に性的二形があり、雌には長さに個体差がなく(X_0 とする)、雄には個体差がある($X_0 \sim X_1$ とする)。図1参照)。そして雄の形質は、その父親の形質と同じになる。
- ・個体が繁殖期まで生き残る生存率は、この量的形質(以下、形質 X) で決まり、生存率(B_x) は、 $B_x = 1 - (X - X_0) / (X_1 - X_0)$ の式で示される。
- ・雌雄とも、一生に一度だけ、繁殖期をもつ。
- ・1回の繁殖期において、雄は複数の雌と交配できるが、雌は1度だけ交配する。
- ・1匹の雌に対して必ず複数の雄が求愛し、雌はその中で形質 X が最大の雄を選ぶ。
- ・それぞれの雌は、1度の繁殖で同じ数の子を産む。
- ・形質 X の値が X である雄が得られる子の平均的な数を繁殖成功度(T_x) と呼ぶ。 T_x は、 $T_x = N \times (X - X_0) / (X_1 - X_0)$ の式で示される。

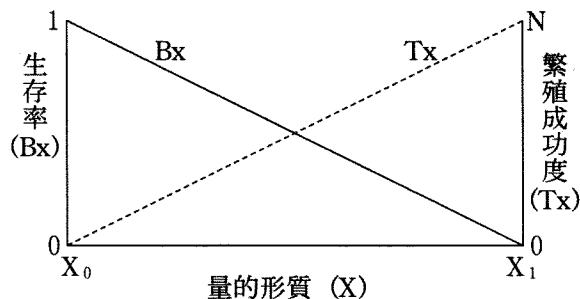


図1 量的形質(X)と生存率(B_x) および繁殖成功度(T_x)

生存率(B_x): 値 X の個体が繁殖可能な齢まで生きる確率

繁殖成功度(T_x): 値 X の雄個体が得られる次世代の平均的な数

以上の仮定のもとでは、雄がより多くの子を残すためには、より多くの雌に選ばれなくてはならず、この点では形質 X が の個体が有利である。一方、繁殖期まで生存できなければ残せる子孫は になるので、この点では形質 X が の個体が有利である。そのため、両方の点を考慮すると、形質 X が の個体が最も有利となり、この場合に残せると期待される子の数 = 生存率と繁殖成功度の積 = である。

問 1. 下線部について、次の問いに答えよ。

- (1) 哺乳類の前肢は、適応の結果、コウモリ類では翼、イルカ類ではヒレなど、さまざまな形態・機能に進化している。このように、起源が同一であるが、形態・機能が異なる器官を何というか。
- (2) 進化において、さまざまな環境に対して適応した結果、共通祖先から多様な生物種が生じている。そして、環境の大きな変化などによってそれまで繁栄していた生物種の多くが絶滅した後などには、地質学的にはきわめて短時間のうちに著しい多様化が起こる場合もある。このような現象を何というか。

問 2. 考察文の ~ に適当な数字・文字式を答えよ。

II. 現代進化論では、生物集団における遺伝子頻度の変化として進化を考える。いま、ある生物において、次の図 2 に示すような進化が起きたと仮定する。

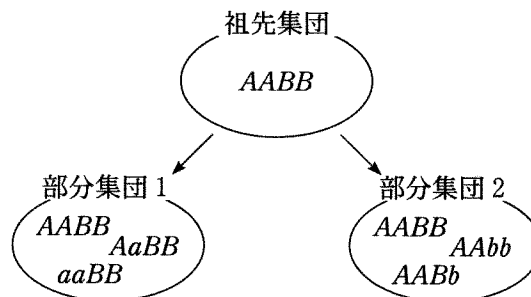


図 2 ある生物種における進化過程

この過程で、祖先集団は遺伝子型 $AABB$ のみからなり、それが 2 つの部分集団に隔離された。そして、それぞれの部分集団において異なる遺伝子に突然変異が生じ、部分集団 1 では対立遺伝子 A と a が共存(それぞれの遺伝子頻度を 0.4 と 0.6 とする)し、部分集団 2 では対立遺伝子 B と b が共存(それぞれの遺伝子頻度を 0.6 と 0.4 とする)するようになった。なお、以下の設問では、2 つの部分集団および混合群(後述)において、それぞれの対立遺伝子についてハーディ・ワインベルグの法則が成り立つものとする。

問 3. 部分集団 1 と部分集団 2 から同数の個体をランダムに選び出して混合群をつくり、交配させることを考える。

- (1) 混合群における対立遺伝子 A および b の遺伝子頻度を求めよ。
- (2) 混合群から生じる次世代(第一世代)において、遺伝子型 $aabb$ の個体が占める割合(%)を求めよ。ただし、2 対の対立遺伝子は互いに独立であるものとする。
- (3) (2)の第一世代から生じる世代(第二世代)において、遺伝子型 $aabb$ の個体が占める割合(%)を求めよ。

問 4. 前問(問 3)とは異なり、2 対の対立遺伝子が連鎖している場合を考えると、1 本の染色体上に存在する対立遺伝子の組み合わせは、部分集団 1 では A と B , a と B の 2 種類であり、それぞれの組み合わせの頻度は、0.4 と 0.6 となる。一方、部分集団 2 では A と B , A と b の 2 種類の組み合わせがあり、それぞれの頻度は 0.6 と 0.4 となる。2 つの部分集団から同数の個体をランダムに選び出して混合群をつくり交配させた場合、第二世代において遺伝子型 $AABB$ の個体が占める割合(%)を求めよ。ただし、2 対の対立遺伝子は完全に連鎖しているものとする。