

デザイン工学部A方式I日程・理工学部A方式I日程
生命科学部A方式I日程

3 限 理 科 (75分)

科 目	ページ
物 理	2～9
化 学	10～16
生 物	18～28

〈注意事項〉

1. 試験開始の合図があるまで、問題冊子を開かないこと。
2. 解答はすべて解答用紙に記入しなさい。
3. 生物は生命科学部(生命機能学科)を志望する受験生のみ選択できる。デザイン工学部(都市環境デザイン工学科・システムデザイン学科)、理工学部(機械工学科機械工学専修・応用情報工学科)を志望する受験生は選択できない。
4. 試験開始後の科目の変更は認めない。

(生 物)

注意：生命科学部生命機能学科を志望する受験生のみ選択できる。

解答はすべて解答用紙の指定された解答欄に記入せよ。

〔I〕 つぎの文章を読んで、以下の問いに答えよ。

生物の遺伝情報は、DNAの塩基配列として存在している。DNAは糖、リン酸、⁽ⁱ⁾塩基からなるヌクレオチドが多数つながった鎖状の分子で、その鎖には方向性があり、末端にリン酸がついている方を5'末端、糖のヒドロキシ基がついている方を3'末端とよんでいる。2本あるDNAの鎖は方向性が逆になっている。DNAが複製するとき、新しいヌクレオチド鎖が伸長する方向は5'から3'の方向だけなので、DNAの2本鎖はそれぞれ複製の様式が異なる。DNAがほどけていく方向に連続的に合成されるヌクレオチド鎖を 鎖とよび、逆向きに不連続に合成されるヌクレオチド鎖を 鎖とよんでいる。

⁽ⁱⁱ⁾ DNAの遺伝情報にもとづいてタンパク質が合成される過程は、DNAの塩基配列がmRNAの塩基配列へと写し取られる と、mRNAの塩基配列がアミノ酸配列へと変換される の2つの段階に分けられる。まず、 の過程では ⁽ⁱⁱⁱ⁾mRNAのヌクレオチド鎖が複製と同じように、5'から3'の方向に合成される。DNAの2本鎖のうち、mRNAの鋳型として利用される方をアンチセンス鎖とよび、利用されない方をセンス鎖とよんでいる。つぎに、mRNAの5'から3'の方向に塩基配列が読み取られ、タンパク質へと される。この過程では、 によって運ばれてきた ^(iv)アミノ酸同士が結合して、開始コドンから終止コドンまでの情報にもとづいたタンパク質が合成される。

1. 空欄 ～ に適切な語句を記せ。

2. DNAの複製は細胞周期のどの時期に起こるか。下記から1つ選んで記号を記せ。

- (a) G₁期 (b) G₂期 (c) S期 (d) M期

3. 下線部(i)と(iii)のヌクレオチドを構成する糖はそれぞれデオキシリボースとリボースである。これらの糖の構造の違いを簡潔に記せ。
4. 下線部(ii)において DNA 複製の過程でつくられる短いヌクレオチド鎖は発見者にちなんで何とよばれているか。その名称を記せ。
5. 下線部(iv)のアミノ酸同士の共有結合の様式を何とよぶか。その名称を記せ。
6. 同じ種の生物の個体間の DNA を比較すると、1塩基単位で塩基配列の違いがみられることがある。このような違いは何とよばれているか。その名称をアルファベット3文字で記せ。
7. 以下に示す DNA(アンチセンス鎖)は、ある遺伝子の開始コドン付近の一部である。この DNA の配列にもとづいてタンパク質の一部が合成された場合のアミノ酸配列を、下記の遺伝暗号表(mRNA)からの抜粋を用いて、開始コドンであるメチオニンの次のアミノ酸から順番に3つ記せ。

DNA(アンチセンス鎖)配列 5' ...GATGTTACCACGCATAGTAA... 3'

遺伝暗号表(mRNA)からの抜粋

AAC アスパラギン, AUA イソロイシン, AUG メチオニン,

AUC イソロイシン, ACC トレオニン

UUA ロイシン, UGG トリプトファン, UGC システイン

GAU アスパラギン酸, GUU バリン, GUG バリン,

GGU グリシン

CAA グルタミン, CUA ロイシン, CGU アルギニン,

CGC アルギニン, CCA プロリン

生物

〔Ⅱ〕 つぎの文章を読んで、以下の問いに答えよ。

リンゴ、バナナ、レイシ、ブドウなどの果実は、空気に触れると果皮などが褐色に変化する。この褐変という現象は果実に含まれている酵素群が触媒する化学反応によって引き起こされる。このなかでもポリフェノールオキシダーゼ(PPO)という酵素の働きが大きい。PPO 酵素は、果実に含まれるカテコールという物質を褐色のもとになるオルト-ベンゾキノンへと変化させる反応を触媒する。

ある果実の果皮から精製した PPO 酵素の活性について、以下の3つの実験をおこなった。

実験1. 精製した PPO 酵素の溶液を 20℃ または 50℃ に保温し、一定時間ごとに一定量の酵素溶液を取り出した。酵素溶液に一定量のカテコールが含まれた溶液を加え、その初期の反応速度を 20℃ で測定した。その結果は、表1のようになった。

実験2. 20℃ において PPO 酵素と一定量のカテコールを混合し、時間経過に伴うオルト-ベンゾキノン濃度の変化を測定した。その結果は、図1のようになった。

実験3. PPO 酵素の働きを阻害すれば、果実の褐変を防げると考えられる。そこで、さまざまな化合物を加えて酵素反応速度を測定したところ、PPO 酵素に対して競争阻害効果を持つ化合物 A が見つかった。

表 1

保温 経過時間 (分)	PPO 酵素反応速度 (相対値)	
	保温温度	
	20℃	50℃
0	15	15
10	15	9.5
20	14.5	9
40	15	5
80	15	4
120	14	3

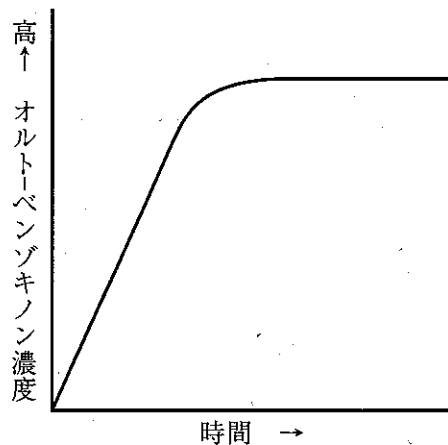


図 1

1. タンパク質をつくる 20 種類のアミノ酸に含まれる元素は 5 種類ある。それらをすべて記せ。
2. 酵素反応において、酵素の作用を受けるカテコールのような物質を、一般的に何とよぶか、その名称を記せ。
3. 酵素反応において、酵素反応の結果生じるオルト-ベンゾキノンのような物質を、一般的に何とよぶか、その名称を記せ。
4. PPO 酵素は反応を触媒する過程でカテコールと結合する。この結合したものを一般的に何とよぶか、その名称を記せ。
5. PPO 酵素を 50℃で保温したときに時間経過に伴って酵素活性が表1のように徐々に低下した。その理由を簡潔に記せ。
6. 図1に示したように、実験2ではある時間経過した後、オルト-ベンゾキノン濃度が一定となった。その原因を考察し、可能性を2つ記せ。
7. 競争的な阻害を起こす物質は、酵素反応にどのように作用するか。句読点を含めて、50字以内で記せ。
8. 20℃におけるカテコール濃度と PPO 酵素の反応速度の関係は、図2の実線で表される。化合物 A を加えたとき、その関係はどうなるか。最も適切と考えられる曲線を(a)~(e)から選び、記号で記せ。

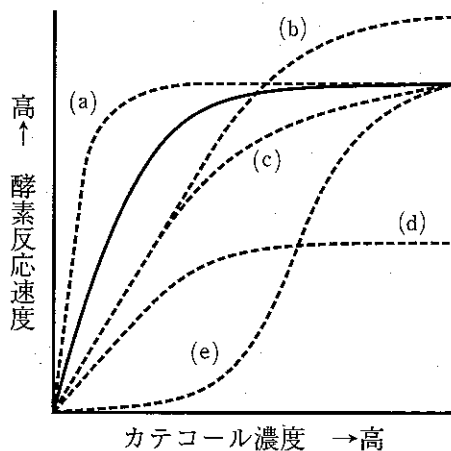


図2

生物

〔Ⅲ〕 つぎの文章を読んで、以下の問いに答えよ。

神経細胞には、核のある **ア** とそこから伸びる突起がある。突起には、複雑に枝分かれしていて、ほかの細胞から信号を受け取る **イ** と、細長く伸びていて、信号を離れたところまで伝える **ウ** がある。神経細胞にある強さ以上の刺激が加わると、膜電位の急速な変化が起こる。これを興奮とよぶ。興奮を生じさせる最小の刺激の強さを **エ** とよぶ。また、刺激の強さを **エ** より大きくしても興奮の強さは変わらない。これを **オ** の法則という。

ウ とそれを包む細胞をあわせて神経繊維とよぶ。神経繊維には、シュワン細胞が何重にも巻きつく髄鞘を形成した有髄神経繊維と、髄鞘を形成しない無髄神経繊維がある。有髄神経繊維には、約1mm間隔で髄鞘の途切れた **カ** とよばれる部分がある。興奮は **カ** をとびとびに伝わるため、有髄神経繊維の伝導速度は無髄神経繊維と比較して大きい。このような伝導の仕方を **キ** という。

カエルの骨格筋に運動神経がついた状態を取り出した標本を用いると、電気刺激による神経の興奮と筋収縮について実験をおこなうことができる。筋肉との接点から30mm離れた神経上の点に短い電気刺激を1回与えると、3.5ミリ秒後に筋肉が収縮してすぐに弛緩する **ク** がみられた。同様の実験を120mm離れた点についておこなうと、筋肉は6.5ミリ秒後に収縮し、弛緩した。

1. 空欄 **ア** ~ **ク** に適切な語句を記せ。
2. 有髄神経繊維が、速い興奮の伝導をもたらすうえで重要な髄鞘の性質を記せ。
3. 無髄神経繊維のなかでも、興奮の伝導速度に違いがみられる。この違いを生み出す形態上の特徴を記せ。
4. 本文中の実験をもとにカエルの運動神経の伝導速度を求めよ。単位はm/秒とし、答えは整数で記せ。

5. 筋肉と神経の接点から 150 mm 離れた点を電気刺激した場合、筋肉の収縮がおこるまでにかかる時間を求めよ。単位はミリ秒とし、答えは小数点第一位まで記せ。
6. 興奮が神経の末端まで到達した後、筋肉が収縮するまでにかかる時間を求めよ。単位はミリ秒とし、答えは小数点第一位まで記せ。
7. 神経の興奮は筋細胞に伝えられると、筋細胞の細胞膜を經由し、その興奮が筋小胞体へと伝えられて Ca^{2+} が放出される。 Ca^{2+} の放出からアクチン・ミオシンによる筋収縮にいたるまでの機構について、句読点を含めて 80 字以内で記せ。なお、 Ca^{2+} は 1 文字と数えることとする。

生物

〔IV〕 つぎの文章を読んで、以下の問いに答えよ。

光で刺激されると発芽する性質をもつレタスの種子をシャーレにまき、暗所で2時間吸水させ、以下の1～8の各実験条件で光照射(もしくは暗処理)したのち、暗所で一週間培養して発芽率を測定した。

条件1：暗所で30分静置した。

条件2：青色光を30分照射した。

条件3：赤色光を30分照射した。

条件4：遠赤色光を30分照射した。

条件5：赤色光を30分照射し、つぎに遠赤色光を30分照射した。

条件6：遠赤色光を30分照射し、つぎに赤色光を30分照射した。

条件7：赤色光を30分照射し、つぎに遠赤色光を30分照射し、さらに赤色光を30分照射した。

条件8：遠赤色光を30分照射し、つぎに赤色光を30分照射し、さらに遠赤色光を30分照射した。

1. 実験に用いる「青色光」、「赤色光」、「遠赤色光」として適切な波長を以下の(a)～(e)から各々1つずつ選び記号を記せ。

(a) 460 nm (b) 560 nm (c) 660 nm (d) 730 nm (e) 830 nm

2. 実験の結果、条件1、条件2、条件4では種子は発芽せず、条件3では90%発芽した。これらの実験結果に基づき、以下の問いに答えよ。

(1) 条件5～条件8では、どのような結果になると予測されるか、以下の(a)～(c)から適切な記号を各々1つずつ選んで記せ。

(a) 発芽しない (b) 30%発芽する (c) 90%発芽する

(2) 光合成色素のクロロフィルaによる光の吸収は本実験の発芽に直接関与していない。その理由を、句読点を含めて30字以内で記せ。

3. 光で促進される発芽には、フィトクロムとよばれる光受容体が関与していることがわかっている。フィトクロムには、赤色光吸収型と遠赤色光吸収型という2つの状態がある。発芽を誘導するフィトクロムの状態はどれか、以下の(a)~(c)から1つ選んで記号を記せ。
- (a) 赤色光吸収型と遠赤色光吸収型の両者 (b) 赤色光吸収型
(c) 遠赤色光吸収型
4. フィトクロムはどのような物質グループに分類されるか、最も適切なものを以下の(a)~(e)から1つ選び記号で記せ。
- (a) 核酸 (b) アミノ酸 (c) 脂質
(d) タンパク質 (e) 糖
5. フィトクロムはある植物ホルモンを活性化して発芽を促進する。活性化される植物ホルモンの名称を記せ。
6. レタスと同じように光で発芽が促進される種子を光発芽種子という。森林などの林床では、これらの光発芽種子の発芽率は著しく低い。その理由を「赤色光」、「遠赤色光」、「葉」、「林床」、「フィトクロム」の用語をすべて用いて句読点を含めて80字以内で記せ。なお、これらの用語は繰り返して用いてもよいこととする。
7. 林床下で光発芽種子の発芽率が低下することは光発芽種子をもつ植物にとってどのような利点があるか、「光合成」という用語を用いて、句読点を含めて60字以内で記せ。

生物

[V] つぎの文章を読んで、以下の問いに答えよ。

生物の有性生殖過程では、接合して新しい遺伝子型の個体または細胞を生み出すために配偶子が形成される。動物などに見られる **ア** と **イ** のような、接合する細胞の形や大きさが異なるものを **ウ** 配偶子というのに対し、クラミドモナスの配偶子のように、形が変わらないものを **エ** 配偶子という。

クラミドモナスは2本の鞭毛を使って遊泳する単細胞真核生物で、液体培地でも寒天培地でも生育できる。図1に示すように、一倍体(核相 n)で無性生殖し、貧栄養状態になるとほとんど形を変えずに配偶子に分化して有性生殖サイクルに入る。配偶子は接合して二倍体(核相 $2n$)の接合子を形成する。環境が変わると接合子は減数分裂を経て四分子という4つの一倍体細胞になり、それぞれの細胞が無性生殖で増殖する。

遺伝子工学の技術を用いれば、クラミドモナスに他の生物から取り出した遺伝子を発現させることができる。まず、取り出した目的の遺伝子を、クラミドモナスで働くプロモーターなどつなぎ合わせたプラスミドを作製する。このプラスミドDNAをクラミドモナス細胞に導入すると、一部の細胞で目的の遺伝子が発現するようになる。このときプラスミドDNAは、図2に示すようにゲノムに組み込まれるが、ゲノムのどの場所に組み込まれるかは無作為に決まる。組み込まれたDNAはゲノムの一部として複製され、安定して子孫細胞に受け継がれる。また、プラスミドが組み込まれた場所はゲノムの塩基配列が変化するため、突然変異が引き起こされる場合がある。

実験1. ある薬剤耐性遺伝子をクラミドモナスに導入し、薬剤耐性を示す細胞を適切な方法で選抜した。得られた複数の細胞株(クローン)をそれぞれ培養して細胞が遊泳する様子を観察したところ、鞭毛の動きが低下して通常よりもゆっくりと泳ぐ突然変異株が1つ見つかった。

実験2. 実験1で得られた突然変異株がプラスミドの組み込みによって生じたのか、それとは異なる別な理由で生じたのかを調べるため、突然変異株を野

生型株と接合させた。接合子から生じた四分子を1つずつ培養して、泳ぐ速度と薬剤耐性について調べた。

実験3. 実験1で得られた突然変異株と、鞭毛を生やさない別の突然変異株を接合させた。得られた接合子から生じた四分子を1つずつ培養して調べたところ、ゆっくり泳ぐ、鞭毛を生やさない、通常で泳ぐという3種類の表現型が現れた。

1. 空欄 ~ に入る適切な語句を記せ。
2. 下線部(i)についての正しい記述を、以下の(a)~(d)の中から1つ選んで記号を記せ。
 - (a) 二価染色体は2本の染色体からできている
 - (b) 糸状の染色体は第一分裂時に凝集した後、第二分裂前に再び糸状になる
 - (c) 相同染色体の間で乗換えが起こるのは第二分裂である
 - (d) 対合した染色体は第二分裂後期に分離する
3. 下線部(ii)について。遺伝子の発現においてプロモーターが果たす役割を、句読点を含めて30字以内で記せ。
4. 下線部(iii)について。遺伝子を発現する細胞株(クローン)を得るための選抜方法を、句読点を含めて50字以内で記せ。
5. ゆっくり泳ぐ突然変異株に変異が1つだけ生じているとすると、実験2で得られる四分子において、(通常で泳ぐ細胞):(ゆっくり泳ぐ細胞)の分離比はどのようになるか。以下の(a)~(e)の中から1つ選んで記号を記せ。

(a) 0 : 4 (b) 1 : 3 (c) 2 : 2 (d) 3 : 1 (e) 4 : 0
6. 薬剤耐性遺伝子が1つだけゲノムに組み込まれたとすると、実験2で得られる四分子において、(薬剤耐性を示す細胞):(薬剤耐性を示さない細胞)の比はどのようになるか。以下の(a)~(e)の中から1つ選んで記号を記せ。

(a) 0 : 4 (b) 1 : 3 (c) 2 : 2 (d) 3 : 1 (e) 4 : 0
7. 1つだけ生じた突然変異がプラスミドの組み込みによる場合、(ゆっくり泳ぎ薬剤耐性を示す細胞):(ゆっくり泳ぎ薬剤耐性を示さない細胞):(通常で泳ぎ薬剤耐性を示す細胞):(通常で泳ぎ薬剤耐性を示さない細胞)の比を記せ。また、その理由を句読点を含めて50字以内で記せ。

生物

8. 実験3で、1つの接合子から生じる四分子において、(ゆっくり泳ぐ細胞) : (鞭毛を生やさない細胞) : (通常ので泳ぐ細胞)はどのような比になるか。

生じるパターンすべてを、以下の(a)~(j)の中から選んで記号を記せ。

- (a) 2 : 2 : 0 (b) 2 : 0 : 2 (c) 0 : 2 : 2
 (d) 1 : 1 : 2 (e) 1 : 2 : 1 (f) 2 : 1 : 1
 (g) 3 : 1 : 0 (h) 0 : 3 : 1 (i) 1 : 0 : 3
 (j) 3 : 0 : 1

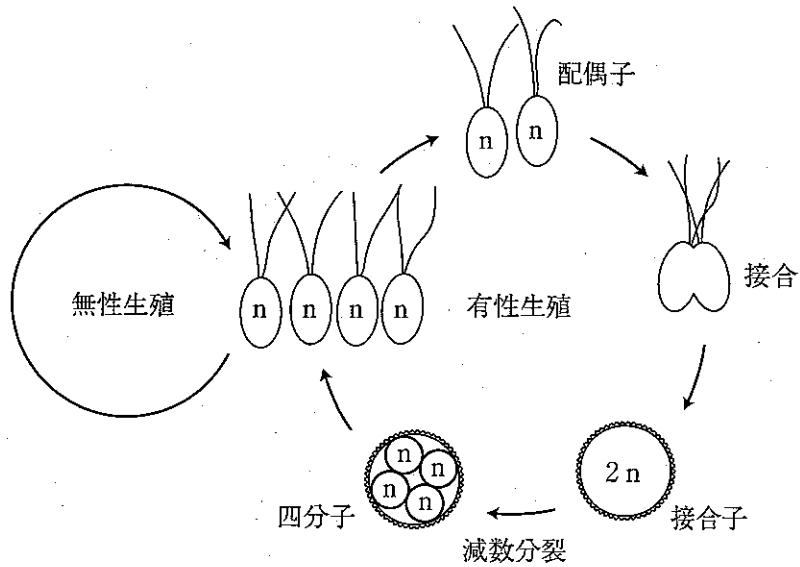


図1

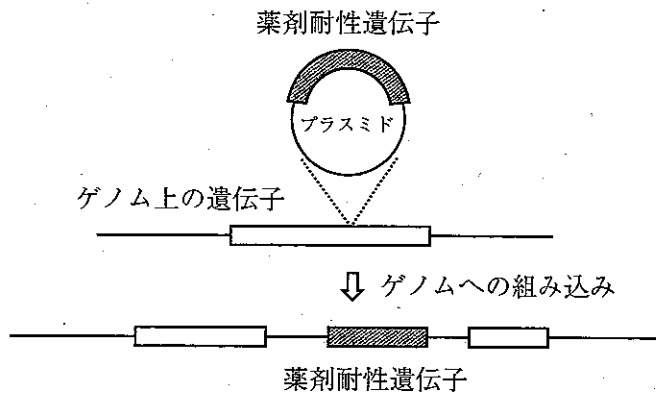


図2