

# 筑波大学 前期

## 平成25年度 個別学力試験問題

# 理 科 (120分)

人間学群 (心理学類) ※1科目選択で60分

生命環境学群 (生物学類, 生物資源学類, 地球学類)

※地球学類で地理歴史を選択する者は, 理科1科目と合わせて120分

理工学群 (数学類, 物理学類, 化学類, 応用理工学類, 工学システム学類)

情報学群 (情報科学類)

(知識情報・図書館学類) ※1科目選択で60分

医学群 (医学類, 医療科学類)

### 目 次

物	理	.....	1
化	学	.....	8
生	物	.....	15
地	学	.....	29

### 注 意

- 1 問題冊子は1ページから37ページまでである。
- 2 受験者は下表の志望する学類の出題科目を解答すること。

学 類	出 題 科 目				備 考
	物理	化学	生物	地学	
心 理 学 類	○	○	○		○印の中から1科目を選択解答
生 物 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
生 物 資 源 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
地 球 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答 又は地理歴史を選択する者は○ 印の中から1科目選択
数 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
物 理 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
化 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
応 用 理 工 学 類	◎	○	○	○	◎印の物理は必須, ○印の中 から1科目を選択解答
工 学 シ ス テ ム 学 類	◎	○	○	○	◎印の物理は必須, ○印の中 から1科目を選択解答
情 報 科 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
知 識 情 報 ・ 図 書 館 学 類	○	○	○	○	○印の中から1科目を選択解答
医 学 類	○	○	○		○印の中から2科目を選択解答
医 療 科 学 類	○	○	○		○印の中から2科目を選択解答

# 問題訂正〔理科(生物)〕

問題冊子及び解答用紙について次のとおり訂正及び補足説明があります。

## 1. (1) 問題冊子 15～16 ページ

問題 I 11行目、 には「タンパク質」の文言を記入してください。

問1

「空欄  ～  に当てはまる・・・」を

「空欄  ～  に当てはまる・・・」に

訂正し、 ～  のみ解答してください。

## (2) 解答用紙 理科 生物 (その1)

問題 I 問1  の解答欄には斜線を引いてください。

※したがって  は解答しても点数には含まれません。

## 2. 問題冊子 23～24 ページ

問題 III [実験1]および[実験2]に次の事項を補足します。

「長翅率は複数回おこなった実験の平均値を示す。」

# 生 物

I 次の文章を読み、以下の間に答えよ。

生物は、生命を維持し子孫を残すために、さまざまな有機化合物<sup>[注]</sup>を必要としており、外から取り入れた物質を材料としてそのほとんどを体の中で合成する。また、<sup>(a)</sup>不用となった有機化合物は、他の有機化合物を合成するための原料にするか、分解して体の外に排出する。このような物質代謝には、たくさんの化学反応が関わっている。酵素は、生体内において、これらの化学反応を促進する  としてはたらく。

一般に、ある酵素は、特定の有機化合物のみにはたらき、その構造や性質を変化させる。このように「反応する有機化合物が決まっている」という酵素の性質を  という。酵素は、性質の異なる 20 種類のアミノ酸が決まった順序で連結して、らせん状やジグザグ状の部分構造をとり、これらが折り畳まって独特の立体構造<sup>(b)</sup>が形作られる  の一種である。酵素には、基質を結合し、 反応に中心的な役割を果たす活性部位が存在する。この活性部位を形成しているアミノ酸残基の種類やその空間的な配置が、酵素に関わる化学反応の種類や  を決めている。

酵素の濃度が一定に保たれているとき、基質の濃度を高くしていくと、反応速度は大きくなり、図 1 のように限りなく最大反応速度に近づく。反応速度は、<sup>(c)</sup>反応溶液の温度や pH によっても大きな影響を受ける。また、反応溶液中に基質に非常に良く似た構造や性質をもった物質が存在すると、これが活性部位に可逆的に結合して本来の酵素反応を阻害することがある。このようなはたらきをもつ物質を競争的<sup>(d)</sup>阻害剤とよぶ。

注：炭素を含む化合物のことを有機化合物という。ただし、二酸化炭素や炭酸カルシウムなどの簡単な化合物は含まない。

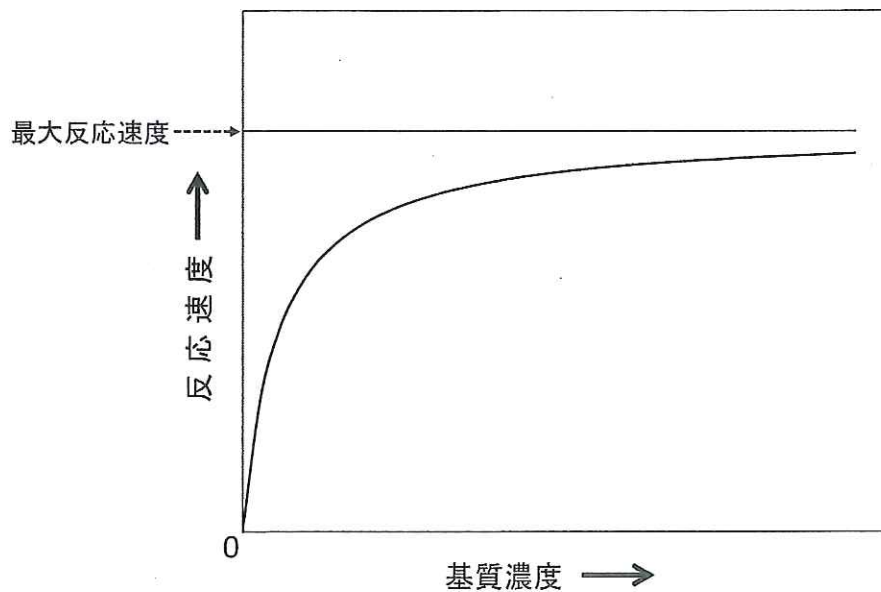


図1 基質濃度と反応速度の関係を示したグラフ

問1 空欄  ~  に当てはまる最も適切な語を記せ。

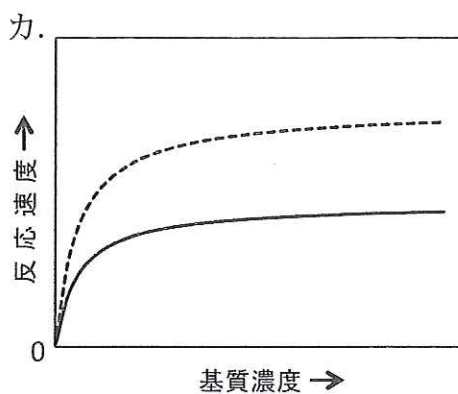
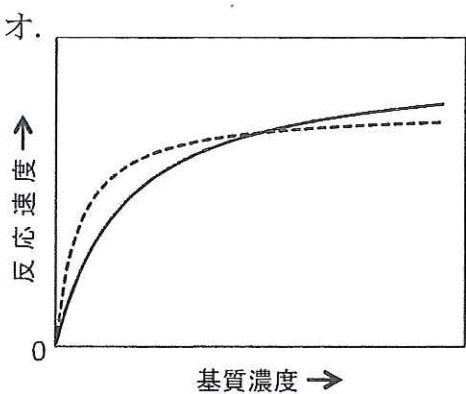
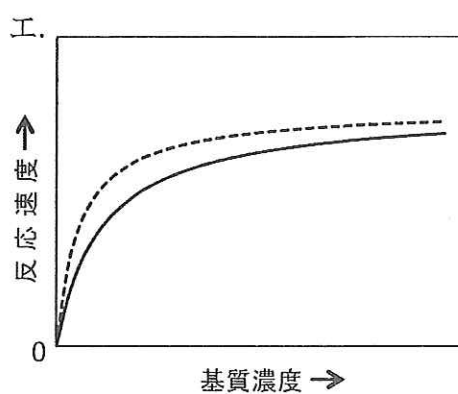
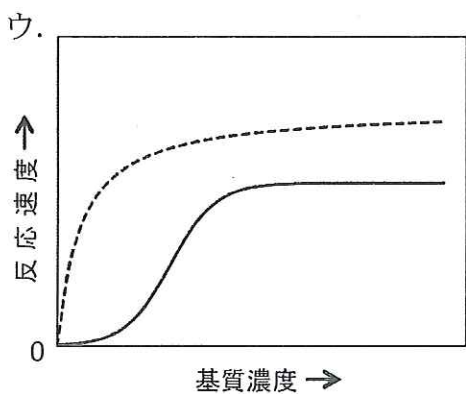
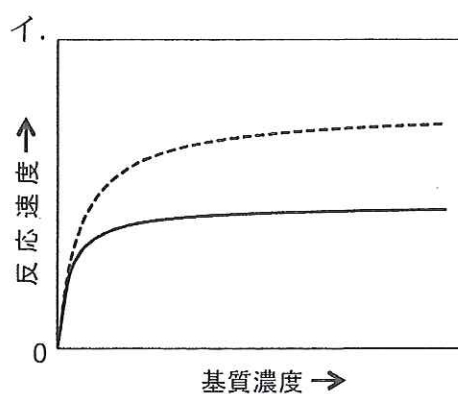
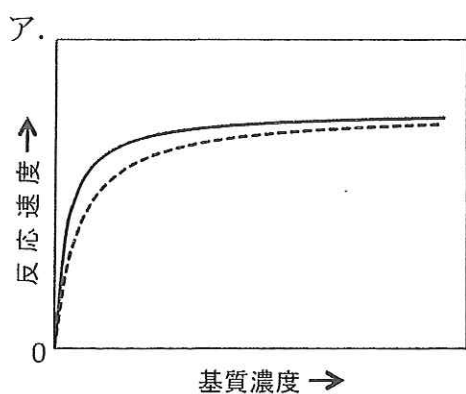
問2 下線部(a)に関連して、体の中では全くつくることができず、外から直接取り込むか、あるいは取り込んだ物質を分解しないと得られない有機化合物がある。ヒトにおけるそのような有機化合物を以下のア~コよりすべて選び、記号で記せ。

- |            |             |
|------------|-------------|
| ア. アラニン    | イ. システイン    |
| ウ. アスパラギン酸 | エ. フェニルアラニン |
| オ. グリシン    | カ. イソロイシン   |
| キ. メチオニン   | ク. グルタミン    |
| ケ. セリン     | コ. トリプトファン  |

問3 下線部(b)のような規則的な構造は、主にどのような相互作用によって形成されているか、15字以内で記せ。

問4 下線部(c)に関連して、反応溶液のpHが酵素活性に影響をおよぼす理由を60字以内で記せ。

問 5 下線部(d)のような阻害剤が、反応溶液中に一定濃度で存在した場合、基質濃度と反応速度の関係はどのようになるか、以下のア～カのグラフから最も適切と考えられるものを1つ選び、記号で記せ。また、そのように考えた理由を、基質濃度、阻害剤、反応速度の3つの語を必ず用いて、100字以内で記せ。ただし、酵素の濃度は一定に保たれている。また、阻害剤が存在しないときのグラフは点線で示されている。



(次ページに第Ⅱ問があります。)

## II 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

T博士はニューロンの性質を活かした移動物体検知装置を開発したいと考え、次の手順で試作品をつくった。図1はその模式図である。まず、底面に1 cm 間隔で格子状に細い溝が掘られた特殊な培養皿を用意した。この溝にはニューロンの軸索の接着と伸長を促す物質が塗られている。また、溝の交点 $[(X, Y)]$ には金属端子が露出しており、そこに接触している軸索を電気刺激し興奮させることができる。さらに、交点 $(1, 5)$ と $(7, 5)$ には物体を感知するセンサーが埋め込まれている。このセンサーは、視細胞の光受容のしくみを応用したもので、球体が真正面に到達するとそれに接触しているニューロンを興奮させる。次に、T博士は同じ種類の2つのニューロンAとBの細胞体をそれぞれのセンサー上に1個ずつ配置し、さらに別の種類のニューロンCの細胞体を交点 $(8, 2)$ 付近に配置して、3週間培養した。するとニューロンAとBの細胞体から出た軸索がニューロンCに向かって伸長し、その結果、交点 $(8, 2)$ でそれぞれ軸索終末部を形成した。最後に、T博士はニューロンCの軸索の末端に特殊な信号変換器を接続し、ニューロンCが興奮したときだけベルが鳴るようにした。

続いて、T博士は試作品の性能を評価するため次の2つの実験をおこなった。

[実験1] ニューロンAとBの軸索をそれぞれ交点 $(1, 5)$ と $(7, 5)$ の位置で同時に1回電気刺激したがベルは鳴らなかった。そこで、ニューロンCの細胞体にガラス電極を挿入し、同じ実験操作をおこなったときに生じる膜電位の変化を測定したところ、図2の結果を得た。この結果から、ニューロンCの膜電位は、ニューロンAやBの刺激に応じて $-80\text{ mV}$ から $-70\text{ mV}$ に一時的に変化することがわかった。この電位変化は、ニューロンAやBの軸索終末部から放出された神経伝達物質をニューロンCが受容したことにより生じたと考えられる。

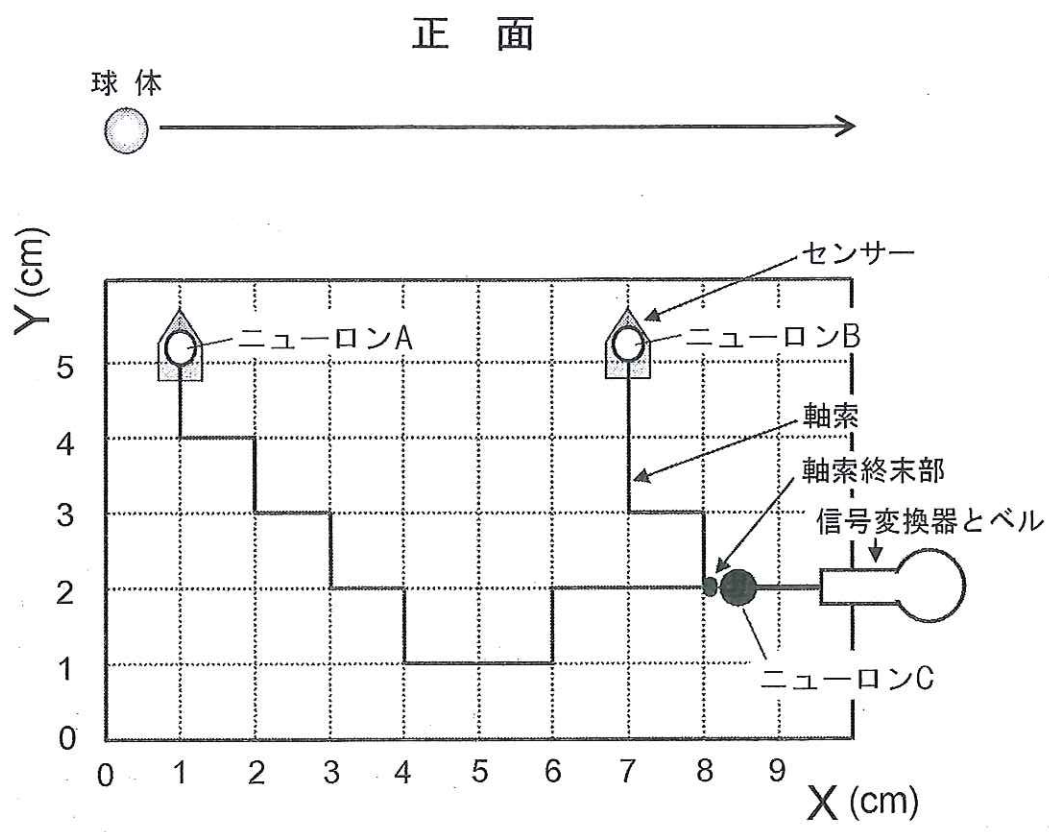


図 1

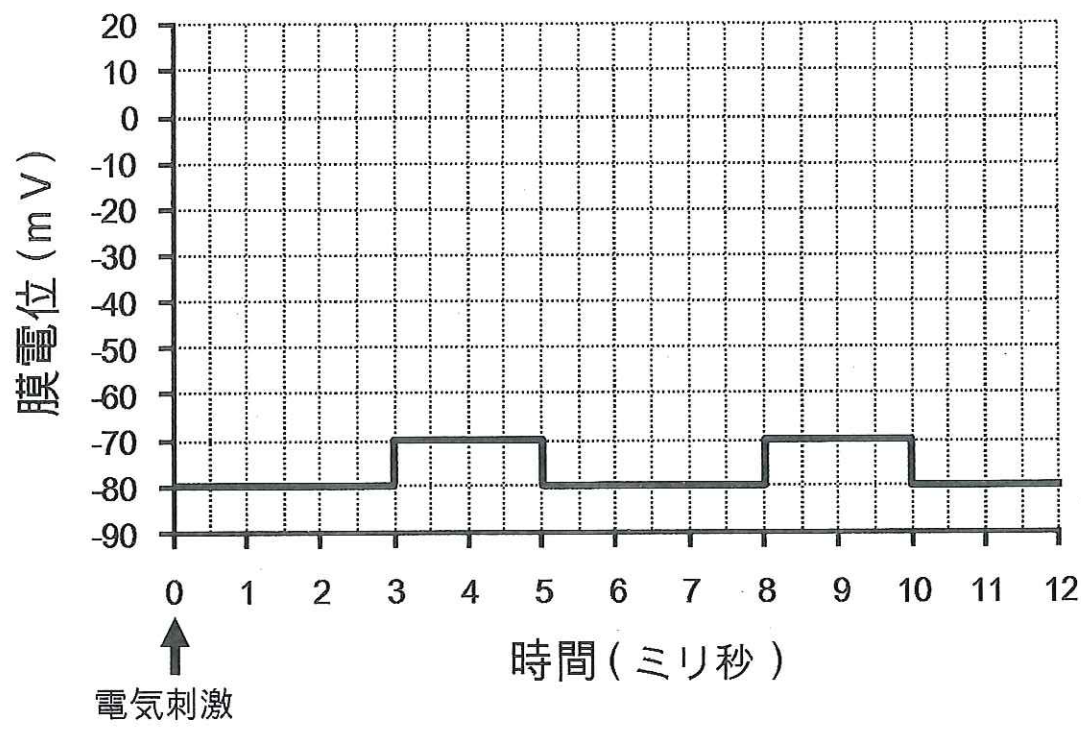


図 2



[実験 2] ニューロン A と B の軸索を、それぞれ交点(6, 1)と(7, 4)の位置で同時に 1 回電気刺激したところ、今度はベルが鳴った。ところが、<sup>(d)</sup>ニューロン A と B の刺激間隔(刺激開始時間のずれ)を大きくしていくと急にベルが鳴らなくなった。そこで、実験 1 と同様に、ニューロン C の細胞体にガラス電極を挿入し、同じ操作をおこなったときに生じる膜電位の変化を測定した。図 3 は、ニューロン A と B の刺激間隔と、ニューロン C で記録された膜電位の最大値の関係をあらわすグラフである。

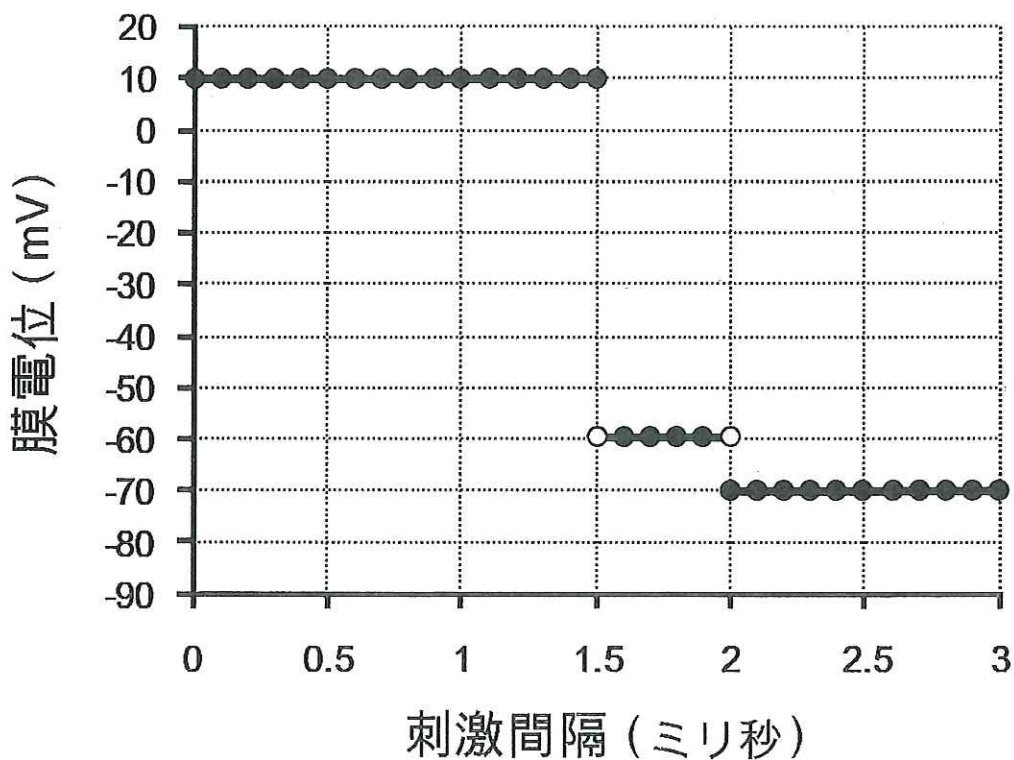


図 3

問 1 下線部(a)に関連して、<sup>せきつい</sup>脊椎動物のかん体視細胞に存在する光受容タンパク質の名称を記せ。

問 2 下線部(b)のように、ニューロン A と B の軸索がニューロン C の細胞体に向かって伸長したのはなぜか。考えられる理由を 50 字以内で記せ。

問 3 実験 1 に関連して、以下の設問(1)~(3)に答えよ。

- (1) ヒトの運動ニューロンと骨格筋の間でも下線部(c)と同様の現象がみられるが、このとき運動ニューロンから放出される神経伝達物質は何か、その名称を記せ。
- (2) ニューロン A と B の軸索における興奮の伝導速度を m/秒の単位で求めよ。ただし、それぞれの伝導速度は等しいものとする。また、小数点第 1 位以下は切り捨てよ。
- (3) 図 1 に示すように、装置の正面を小さな球体が 8 m/秒の速さで移動した。このときニューロン C の細胞体から記録される膜電位の変化を解答用紙のグラフに記せ。ただし、球体は装置と同じ平面上を移動するものとする。それぞれのセンサーは、球体の中心が真正面に到達したときにのみ反応し、接触しているニューロンに 1 回だけ興奮を生じさせるものとする。また、グラフの横軸の 0 は、球体の中心が交点(1, 5)のセンサーの真正面に到達した時点をあらわす。

問 4 実験 2 に関連して、以下の設問(1), (2)に答えよ。

- (1) 下線部(d)のようにベルが鳴ったのはなぜか。その理由を次の 3 つの語を用いて、100 字以内で記せ。

いきち  
閾値          神経伝達物質          活動電位

- (2) 問 3 の設問(3)と同様に、装置の正面を小さな球体がある一定の速さで移動するものとする。図 3 の結果から、この装置が検知できる(すなわちベルが鳴る)球体の最小の速さと最大の速さを m/秒の単位で求めよ。ただし、小数点第 1 位以下は切り捨てよ。

### Ⅲ 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

ウンカはセミやカメムシと同じカメムシ目に属し、植物組織に口針<sup>こうしん</sup>を差し込んで吸汁する昆虫である。日本の水田には、セジロウンカ、トビイロウンカなどが発生しイネを吸汁することが知られている。これらのウンカには翅多型<sup>はねたけい</sup>現象が見られ、セジロウンカやトビイロウンカの雌に短翅型<sup>たんしがた</sup>と長翅型<sup>ちょうしがた</sup>という2つのタイプの成虫が出現する。長翅型は、長い翅をもち移動分散に適している。一方、短翅型は翅が短く飛翔<sup>ひしょう</sup>できないが繁殖に適している。

ウンカの翅型<sup>はねがた</sup>は幼虫期に経験する環境要因によって決まる。環境要因のうち翅型発現に最も大きく影響するのは生息密度である。野外では、生息密度が上昇すると長翅率が高まり<sup>(a)</sup>、移動に適した個体が新たな生息場所を求めて飛び立っていくと考えられている。

日本の水田では、セジロウンカやトビイロウンカは同じ場所に生息していることも多い。このときのそれぞれのウンカにおいて幼虫密度と長翅率の関係はどうなっているであろうか。これについて調べるため、以下の2つの実験をおこなった。ただし、1個体あたりの吸汁量は2種間で差がないものとする。

[実験1] 図1のようにイネを入れた試験管(直径2 cm, 高さ17 cm)を準備し、セジロウンカとトビイロウンカの雌1齢幼虫を、単一種(単独飼育)あるいは2種混合(混合飼育)で飼育した。成虫になってから長翅率を調べ、幼虫密度(試験管あたりの幼虫数)との関係を折れ線グラフにすると図2のようになった。ただし、混合飼育の場合にはそれぞれの種を同数飼育した。また、幼虫密度とは、単独飼育の場合は試験管あたりのその種の幼虫数を示すが、混合飼育の場合は試験管あたりの両種の合計幼虫数を示す。一方、長翅率は単独・混合飼育によらず、それぞれの種ごとの幼虫数に占める長翅型成虫の割合を示す。

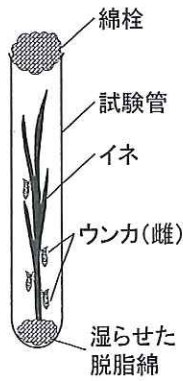


図 1

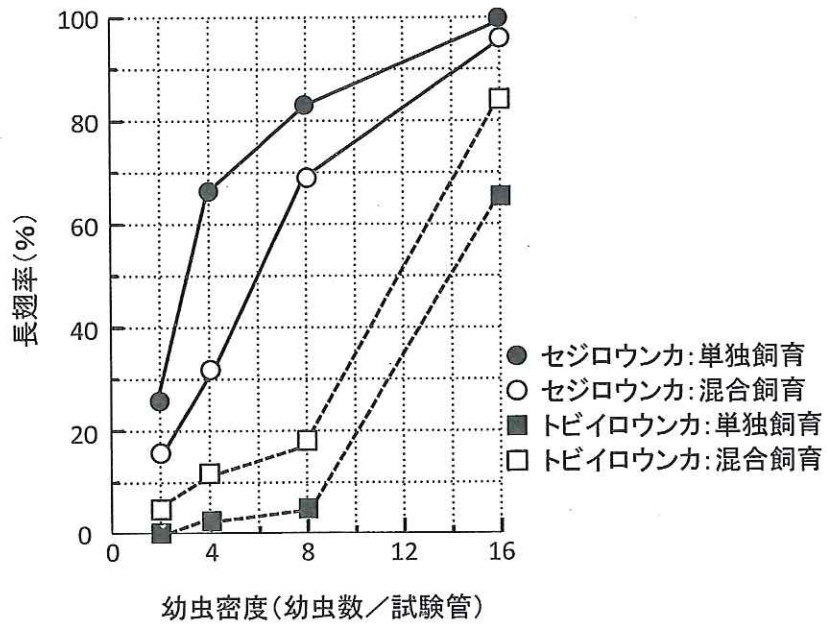


図 2

[実験 2] 雌セジロウンカまたは雌トビロウンカの幼虫を 8 匹試験管に入れ、あらかじめイネを吸汁させた。ウンカを取り除いた後、吸汁されたイネを新たな試験管に移し、新たに準備した 1 齢幼虫を入れてそれぞれ飼育したところ、その長翅率は図 3 のようになった。

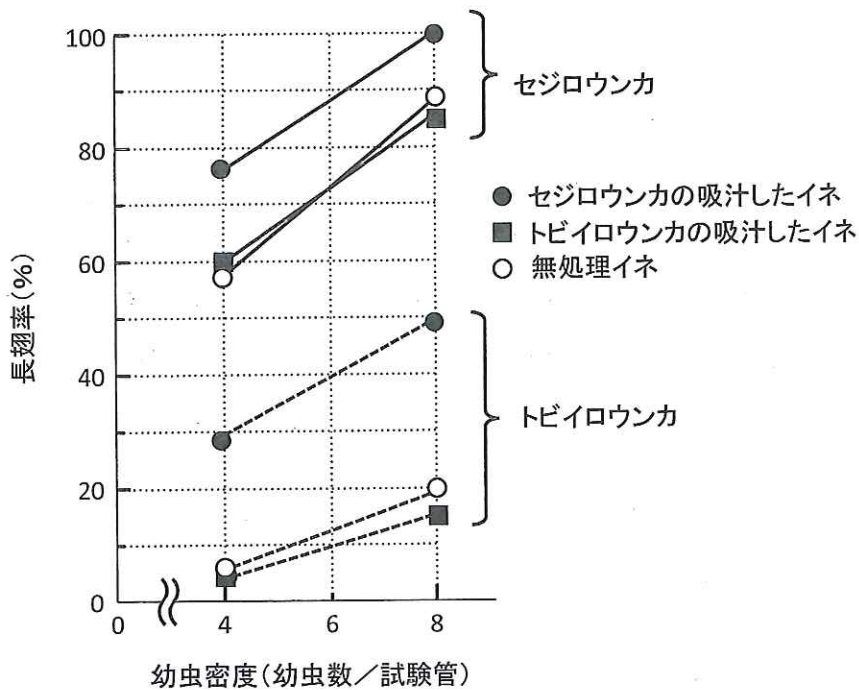


図 3

問 1 下線部(a)のような翅多型現象が自然界で見られる昆虫を以下のア～キからすべて選び、記号で記せ。

- ア. トノサマバッタ      イ. アブラゼミ      ウ. モンシロチヨウ  
エ. カブトムシ      オ. イエバエ      カ. サバクトビバッタ  
キ. モモアカアブラムシ

問 2 ウンカの長翅型、短翅型のそれぞれの特徴を以下のア～エからすべて選び、記号で記せ。

- ア. 幼虫発育期間が長い。  
イ. 羽化してから産卵開始までが長い。  
ウ. 産卵数が多い。  
エ. 飛翔筋が発達する。

問 3 実験 1 に関連して、以下の設問(1), (2)に答えよ。

- (1) イネを入れた試験管にセジロウンカ雌幼虫を 4 匹入れ、次いで同数のトビイロウンカ雌幼虫を入れて飼育した場合、セジロウンカの長翅率はセジロウンカ 4 匹を単独飼育したときと比べてどうなると考えられるか。以下のア～オから最も適切なものを 1 つ選び、記号で記せ。
- (2) (1)と同様に試験管を準備し、トビイロウンカ雌幼虫 4 匹を入れ、次いで同数のセジロウンカ雌幼虫を入れて飼育した場合、トビイロウンカの長翅率はトビイロウンカ 4 匹を単独飼育したときと比べてどうなると考えられるか。以下のア～オから最も適切なものを 1 つ選び、記号で記せ。

- ア. 約 8 倍に増加する。  
イ. 約 5 倍に増加する。  
ウ. ほぼ変化しない。  
エ. 約 80 % に減少する。  
オ. 約 50 % に減少する。

問 4 野外におけるトビイロウンカの生息密度は、セジロウンカと共に生息しているときの方がトビイロウンカ単独のときよりも低くなることが知られている。その理由を、実験 1 の結果をふまえて以下の 3 つの用語を用いて 60 字以内で記せ。

長翅率      成虫      分散

問 5 実験 1 および実験 2 の結果から、2 種のウンカ幼虫が同じ場所に生息しているときの長翅率に影響をおよぼす因子について、推論として正しいものを以下のア～オからすべて選び、記号で記せ。

ア. イネ上でトビイロウンカ雌幼虫とセジロウンカ雌幼虫が互いに接触しないと、長翅率を高める因子が伝わらない。

イ. セジロウンカ雌幼虫がイネを吸汁するときの振動が他個体に伝わらないと、長翅率を高める因子が伝わらない。

ウ. セジロウンカ雌幼虫がイネを吸汁することにより、イネに残された因子がその後吸汁した他個体の長翅率を高めている。

エ. セジロウンカ雌幼虫はトビイロウンカ雌幼虫に対して長翅型の発生を抑制する因子を出している。

オ. トビイロウンカ雌幼虫はセジロウンカ雌幼虫に対して長翅型の発生を抑制する因子を出している。

IV 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

光合成生物は水中で生まれ、そこで進化してきた。現在でも、ユーグレナ藻類やケイ藻類のような単細胞性のものから紅藻類や褐藻類のような多細胞性のものまで、さまざまな藻類が水中で生きている。これらの藻類は、生産者として多様な従属栄養生物の生活を支えている。オルドビス紀からシルル紀には、藻類の一部が陸上へと進出し、体の表面に水分を通しにくい  を発達させるなど乾燥に適応した形質を獲得した。こうして誕生した陸上植物はさまざまな分類群へと進化していった。またこれによって陸上生態系の基礎が築かれ、多様な従属栄養生物が陸上でも生育できるようになった。デボン紀から石炭紀には  が繁栄し、その遺体は現在使用される石炭の原料となった。同じ頃、種子をつくる植物が誕生し、やがてジュラ紀になるとその中から被子植物が生じた。被子植物は動物と大きく関わりながら進化してきたが、このことも現在の陸上生態系における被子植物の繁栄に寄与している。

問 1 空欄  と  に当てはまる最も適切な語を記せ。

問 2 陸上植物と同じクロロフィル組成をもつ藻類群名を下線部(a)の中から1つ選び、その名称を記せ。

問 3 下線部(b)について、従属栄養生物とはどのような生物か、25字以内で記せ。

問 4 下線部(c)に関連して、アサガオと以下のア～エに記した陸上植物の進化的関係を図1に示す。図1のA～Dに当てはまる生物名をア～エの中から選び、記号で記せ。また、図1の①～④は以下のオ～ケの形質が獲得された位置を示している。①～④のそれぞれで獲得されたと考えられる形質をオ～ケの中からすべて選び、記号で記せ。

- |        |        |         |        |
|--------|--------|---------|--------|
| ア. スギ  | イ. スギナ | ウ. スギゴケ | エ. コムギ |
| オ. 維管束 | カ. 胞子  | キ. 胚珠   | ク. 子房  |
| ケ. 精子  |        |         |        |

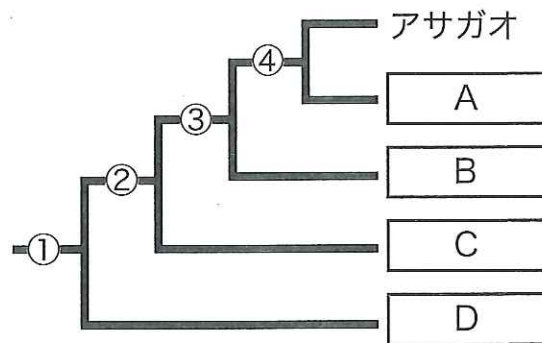


図1

問 5 下線部(d)に関連して、多くの被子植物は、他家受粉(異なる個体の花粉を受粉する)を効率的におこなうために昆虫を利用し、また昆虫は被子植物から利益を得ている。一方で、被子植物の中には自家受粉(同じ個体の花粉を受粉する)をおこなう種も少なくない。これについて以下の設問(1), (2)に答えよ。

- (1) 昆虫による受粉を効率的におこなうために、被子植物はどのような特徴をもつ花を進化させたか、20字以内で記せ。
- (2) 他家受粉と自家受粉は、被子植物にとってどのような利点があると考えられるか、それぞれ25字以内で記せ。