

令和8年度
一般選抜（後期）

14時30分～17時00分

理 科

科目名	問 題 冊 子 頁
物 理	1 ～ 9 頁
化 学	12 ～ 18 頁
生 物	19 ～ 28 頁

科目名	解 答 用 紙 頁
物 理	1 ～ 2 頁
化 学	1 ～ 2 頁
生 物	1 ～ 3 頁

注 意 事 項

1. 試験開始の合図〔チャイム〕があるまで、この注意をよく読むこと。
2. 試験開始の合図〔チャイム〕があるまで、問題冊子は表紙を上、解答用紙は裏面を上にして置き、問題冊子は開かないこと。
3. 試験開始の合図〔チャイム〕の後に問題冊子の表紙ならびに解答用紙の全ページの所定の欄に受験番号と氏名を記入すること。
4. 解答は定められた解答用紙を用い、はっきり読みやすく記入すること。
また解答欄以外には何も書かないこと。
5. 解答用紙のホチキスをはずさないこと。
6. 試験開始60分以内および試験終了前10分間は、途中退場を認めない。
7. 途中退場、質問、トイレ、体調不良等で用件がある場合は、挙手のうえ監督者の指示に従うこと。
8. 問題冊子に、落丁や乱丁があるときは、挙手のうえ交換を求めること。
9. 試験終了の合図〔チャイム〕があったときは、ただちに筆記用具を置くこと。
10. 試験終了の合図〔チャイム〕の後、解答用紙は裏返しにして、通路側に置くこと。
なお、途中退場の場合は解答用紙を裏返しにして、問題冊子の上に置くこと。
11. 問題冊子は持ち帰ること。ただし、途中退場する場合は問題冊子を持ち帰ることはできない。
12. 選択科目の変更は認めない。
13. その他、監督者の指示に従うこと。

受験番号		氏 名	
------	--	-----	--

物 理

以下の各問題の解答はすべて解答欄に記入しなさい。解答の過程は示さなくてよい。

1 以下の文章の (①) から (⑫) に適切な語句または数値を入れなさい。ただし、必要なら円周率は 3.14 を用いなさい。

- 〔1〕 ケプラーの法則の第一法則によると「惑星は太陽を 1 つの (①) とする楕円軌道を描く」。ケプラーの第三法則によると「惑星の公転周期の 2 乗と楕円軌道の長半径(半長軸)の (②) 乗の比は、すべての惑星で一定になる」。地球の公転周期は 1 年、楕円軌道の長半径は 1 天文単位であるから、楕円軌道の長半径が 9 天文単位の惑星があったとすると、その惑星の公転周期は (③) 年である。
- 〔2〕 電気素量は 1.6×10^{-19} C、クーロンの法則の比例定数は 9.0×10^9 N·m²/C² とする。電氣的に中性な金属の小球を摩擦によって帯電させたところ、その電気量は 3.2×10^{-8} C であった。したがって、この金属球が失った電子の個数は (④) 個である。この金属球を中心とした半径 90 cm の球 A の球面を垂直に貫く電気力線の総数は (⑤) 本であり、球 A と同心の半径 10 cm の球 B の球面を垂直に貫く単位面積あたりの電気力線の本数は、球 A の球面を垂直に貫く単位面積あたりの電気力線の本数の (⑥) 倍である。
- 〔3〕 x 軸に平行な向きに進行する波を考える。位置 x [m]、時刻 t [s]におけるこの波の変位 y [m] が $y = 2.00 \sin(3.00 t - 4.00 x)$ と表されているとき、この波の振幅は (⑦) m、波長は (⑧) m、速さは (⑨) m/s である。
- 〔4〕 気体定数を 8.3 J/(mol・K) とする。2.0 mol の理想気体に、一定の圧力のまま熱量 78 J を与えると、温度が 1.5 K 上昇した。このとき気体がした仕事は (⑩) J である。また、この気体の定圧モル比熱は (⑪) J/(mol・K) であり、定積モル比熱は (⑫) J/(mol・K) である。

2 図1のように、鉛直な壁に長さ L の棒を立てかける。棒は水平な床に対して角度 θ だけ傾いて静止している。壁はなめらかで、棒の端 A と接している。床には摩擦があり、棒の端 B と接している。棒は一様で変形せず、棒の重心は棒の midpoint にある。端 B と床との間の静止摩擦係数を μ 、棒の質量を M 、重力加速度の大きさを g とする。以下の各問に答えなさい。

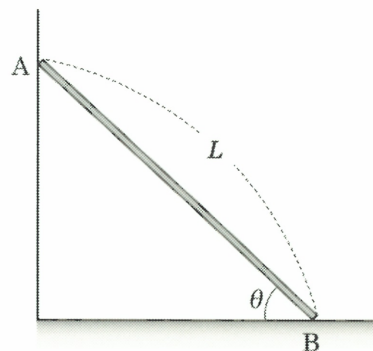


図 1

- [1] 棒が壁から受ける垂直抗力の大きさを求めなさい。
- [2] 棒が床から受ける静止摩擦力の大きさを求めなさい。
- [3] 角度 θ が小さいと棒は静止することができない。棒が静止できるような最小の角度 θ の正接 ($\tan \theta$) の値を求めなさい。

図2のように、棒の点 P に大きさ F の外力を加える。点 P は、棒に沿った距離が端 B より aL だけ離れた点である。外力の向きは、水平方向右向きより角度 β だけ反時計まわりに傾いた方向である。ただし、 a は $\frac{1}{4} < a < 1$ を満たし、 β の範囲は $0 \leq \beta \leq \theta$ とする。

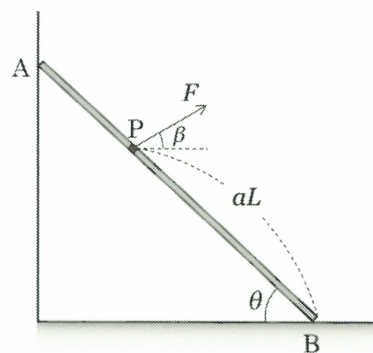
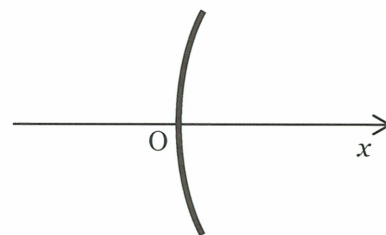


図 2

- [4] 端 B まわりの外力のモーメントを答えなさい。ただし、反時計まわりを力のモーメントの正の向きとする。
- [5] 外力を加えても棒が静止しているとき、棒が床から受ける最大摩擦力の大きさを求めなさい。
- [6] μ が十分大きいとき、 F の値によっては端 B が床をすべることなく端 A が壁から離れる。端 A が壁から離れないような F の最大値を求めなさい。
- [7] $\beta = \theta$ の場合を考える。このとき、[6] で求めた大きさ F の外力を棒に加えても端 B が床をすべらないためには、 μ はある値以上でなければならない。その値を θ 、 a を用いて表しなさい。

3 両面が鏡で、焦点距離が 10 cm の球面鏡を考える。図のように、この球面鏡の光軸を x 軸にとり、 x 軸と球面鏡が交わる点を原点 O とし、この球面鏡を x 軸上の $x < 0$ の位置から見ると凸面鏡になるように x 軸の向きを設定する。このように x 軸の向きを定めたので、焦点の位置は $x = 10$ cm と表すことができる。大きさ 4.0 cm の光源を、 x 軸上のある位置に置いた。以下の各問に答えなさい。

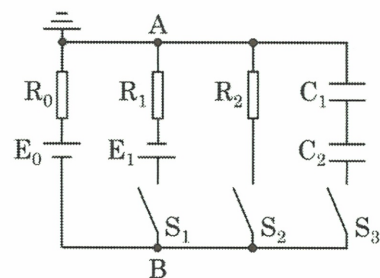


- 〔1〕 光源を $x = 20$ cm の位置に置いたときの像の倍率を答えなさい。また、 $x = -20$ cm の位置に置いたときの像の倍率を答えなさい。
- 〔2〕 倍率が 2.0 倍の像が観察された。光源の位置として取り得る x 座標をすべて答えなさい。
- 〔3〕 倍率が 0.40 倍の像が観察された。光源の位置として取り得る x 座標をすべて答えなさい。
- 〔4〕 光源が x 軸上の $x > 0$ の十分遠方にあるとき、光源の像の位置の x 座標を答えなさい。また、そのときに鏡に観察される像の説明としてもっとも妥当なものを【選択肢】から 1 つ選び、その記号を答えなさい。
- 〔5〕 光源を焦点の十分近くに置いたとき、鏡に観察される像の説明としてもっとも妥当なものを【選択肢】から 1 つ選び、その記号を答えなさい。

【選択肢】

- (ア) 非常に小さく縮小された像
- (イ) 非常に大きく拡大された像
- (ウ) 光源とほぼ同じ大きさの倒立の像
- (エ) 光源の 4π 倍の大きさの倒立の像
- (オ) 大きさ 2.0 cm の倒立の像
- (カ) 大きさ 8.0 cm の倒立の像
- (キ) 光源とほぼ同じ大きさの正立の像
- (ク) 光源の 4π 倍の大きさの正立の像
- (ケ) 大きさ 2.0 cm の正立の像
- (コ) 大きさ 8.0 cm の正立の像

4 図のような電気回路について考える。内部抵抗を無視できる 2 つの電池 E_0 、 E_1 の起電力はそれぞれ E_0 、 E_1 、3 つの抵抗器 R_0 、 R_1 、 R_2 の抵抗はそれぞれ R_0 、 R_1 、 R_2 、2 つのコンデンサー C_1 と C_2 の電気容量はどちらも C とする。すべてのスイッチは開いており、 C_1 と C_2 は充電されていない。以下の各問に答えなさい。また、各問の ① から ⑫ には適切な式を入れなさい。



はじめに、 S_1 を閉じた。

- 〔1〕 R_0 を流れる電流の大きさを答えなさい。また、その流れる向きは (あ) $R_0 \rightarrow E_0$ 、(い) $E_0 \rightarrow R_0$ のどちらかを選び、その記号を答えなさい。

$$R_0 \text{ を流れる電流の大きさ} = \frac{\boxed{\text{①}}}{\boxed{\text{②}}}$$

- 〔2〕 点 B の電位を答えなさい。

$$\text{点 B の電位} = \frac{\boxed{\text{③}}}{\boxed{\text{④}}}$$

- 〔3〕 点 B の電位は点 A の電位より低かった。この結果となるために必要な、 R_1 の条件を式で答えなさい。

つづいて、 S_2 を閉じた。ただし、〔3〕の条件は成り立っているものとする。

- 〔4〕 R_2 を流れる電流の大きさを答えなさい。また、その流れる向きは (あ) $R_2 \rightarrow S_2$ 、(い) $S_2 \rightarrow R_2$ のどちらかを選び、その記号を答えなさい。

$$R_2 \text{ を流れる電流の大きさ} = \frac{\boxed{\text{⑤}}}{\boxed{\text{⑥}}}$$

- 〔5〕 点 B の電位を答えなさい。

$$\text{点 B の電位} = \frac{\boxed{\text{⑦}}}{\boxed{\text{⑧}}}$$

つづいて、 S_3 を閉じた。ただし、〔3〕の条件は成り立っているものとする。

〔6〕 C_1 と C_2 の合成容量を答えなさい。

〔7〕 S_3 を閉じた直後に C_1 を流れる電流の大きさを答えなさい。また、その流れる向きは

(あ) $C_1 \rightarrow C_2$ 、(い) $C_2 \rightarrow C_1$ のどちらか適切なものを選び、その記号を答えなさい。

$$C_1 \text{ を流れる電流の大きさ} = \frac{\boxed{\text{⑨}}}{\boxed{\text{⑩}}}$$

〔8〕 十分な時間が経過した後に C_1 に蓄えられた電気量を答えなさい。

$$C_1 \text{ に蓄えられた電気量} = \frac{\boxed{\text{⑪}}}{\boxed{\text{⑫}}}$$

5 20 世紀はじめ、ミリカンは帯電させた油滴の運動から電子の電気量の大きさ（電気素量）を求める実験を行った。以下はそれに関係した実験の説明である。説明文中の（ ① ）から（ ⑦ ）に最も適切な式または単位記号を入れなさい。ただし、油滴は球形であるものとし、油滴の密度を ρ 、空気の密度を ρ_0 ($<\rho$)、重力加速度の大きさを g とし、鉛直下向きを正の向きとする。

最初に、極板の間隔が d の平行板コンデンサーを、極板が水平になるように空気中に置く。極板間に油滴を噴霧し、X 線を照射すると油滴は帯電する。いま、注目する油滴の半径を r 、電気量を q (<0) として、以下ではこの油滴について考える。極板が帯電していない場合、油滴は重力（ ① ）がはたらくことにより落下し始めるが、空気による浮力（ ② ）や、空気抵抗により油滴の速度 v に比例する力 $-6\pi\eta rv$ もはたらく。ここで η は空気の粘性率と呼ばれる定数で、 η の単位を SI 基本単位 kg、m、s を用いて表すと（ ③ ）である。これらの力によって油滴の速度 v はやがて一定値 v_0 になり、油滴は等速直線運動を行うようになる。これから

$$r = \text{（ ④ ）}$$

が得られる。

次に、同じ油滴が上昇するように、コンデンサーに大きさ V の電圧を加える。このとき極板間の電場の強さは（ ⑤ ）であるから、油滴には静電気力（ ⑥ ）もはたらく、これにより油滴は上昇し始める。油滴の速度 v がやがて一定値 v_1 (<0) になったとき、 q を r 、 v_0 、 v_1 、 d 、 V 、 η を用いて表すと

$$q = \text{（ ⑦ ）}$$

である。以上から油滴の電気量を求めることができる。

以 上

化 学

[注意] 原子量は次の値を用いよ。

H=1.00 C=12.0 O=16.0 Na=23.0 Cl=35.5

1 以下の問いの答えを【選択肢】から各々選び、番号で記せ。

〔1〕塩化水素ガスを通じると、沈殿を生じるものを一つ選べ。

- 【選択肢】
1. Fe^{2+}
 2. Cu^{2+}
 3. Ba^{2+}
 4. Pb^{2+}
 5. Al^{3+}

〔2〕

削 除

〔3〕水酸化ナトリウム水溶液を加えると沈殿を生じるが、アンモニアガスを通じても沈殿を生じないものを一つ選べ。

- 【選択肢】
1. Na^+
 2. Ca^{2+}
 3. Ba^{2+}
 4. Pb^{2+}
 5. Al^{3+}

〔4〕有色の気体が発生する反応を一つ選べ。

- 【選択肢】
1. 銅に希硝酸を加える。
 2. 硫化鉄(II)に希塩酸を加える。
 3. 塩化ナトリウムに濃硫酸を加えて加熱する。
 4. 酸化マンガン(IV)に濃塩酸を加えて加熱する。
 5. 塩化アンモニウムと水酸化カルシウムの混合物を加熱する。

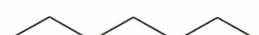
〔5〕 一酸化炭素の性質を一つ選べ。

- 【選択肢】
1. 二酸化炭素と比べ、沸点が高い。
 2. 空気に触れると有色の気体を生成する。
 3. ヘモグロビンと酸素の結合を阻害する。
 4. ヨウ化物イオンと反応してヨウ素を遊離する。
 5. オストワルト法による硝酸の工業的製法の原料となる。

〔6〕 酢酸緩衝液を一つ選べ。

- 【選択肢】
1. 酢酸に強酸である塩酸を加えて、酸性を強めた溶液
 2. 酢酸にその塩である酢酸ナトリウムを加えて、混合した溶液
 3. 酢酸に弱塩基性であるアンモニア水を加えて、弱酸と弱塩基を混合した溶液
 4. 酢酸ナトリウムに強塩基である水酸化ナトリウムを加えて、
塩基性を強めた溶液
 5. 酢酸に水酸化ナトリウム水溶液を加えて完全に中和し、
生成した酢酸ナトリウムの溶液

〔7〕 ヘキサンを一つ選べ。

- 【選択肢】
1. 
 2. 
 3. 
 4. 
 5. 

〔8〕 花火の炎で、黄緑色の炎の由来となる元素を一つ選べ。

- 【選択肢】
1. カリウム
 2. バリウム
 3. リチウム
 4. カルシウム
 5. ストロンチウム

〔9〕純水に難溶性の化合物をすべて選べ。

- 【選択肢】
1. 硝酸銀
 2. 酢酸ナトリウム
 3. 炭酸カルシウム
 4. 酸化マグネシウム
 5. 硫酸銅(II)五水和物

〔10〕イオンの半径が最も小さなものを一つ選べ。

- 【選択肢】
1. O^{2-}
 2. F^{-}
 3. Na^{+}
 4. Mg^{2+}
 5. Al^{3+}

2 塩化ナトリウム $NaCl$ に関する以下の問いに答えよ。

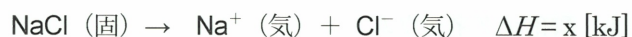
〔1〕次の文中の（ ① ）～（ ⑥ ）に最も適する語句を、以下の【選択肢】から選び記号で記せ。

$NaCl$ と水からなる $NaCl$ 水溶液は2種類の物質からなる（ ① ）であり、 $NaCl$ 水溶液から水を分離するには、水を（ ② ）させればよい。このような物質の分離操作を（ ③ ）という。2種類以上の液体どうしの（ ④ ）に関しても同様に分離可能であるが、この時の操作をとくに（ ④ ）という。一方、温度による（ ⑤ ）の違いから、2種類の固体物質の（ ① ）から純粋な固体物質を分離することができる。例えば、少量の塩化ナトリウムを含む充分量の硝酸カリウムを加熱した水に溶解してから冷却すると、純粋な硝酸カリウムが析出する。このような物質の分離操作を（ ⑥ ）という。

【選択肢】

- | | | | | | | |
|---------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|
| ア. 異性化 | イ. 延性 | ウ. 壊変 | エ. 化合物 | オ. 可塑性 | カ. 還元 | キ. 極性 |
| ク. 凝固 | ケ. 凝縮 | コ. けん化 | サ. 混合物 | シ. 再結晶 | ス. 酸化 | セ. 縮合 |
| ソ. 自由電子 | タ. 重合 | チ. 昇華 | ツ. 蒸発 | テ. 蒸留 | ト. 水和 | ナ. 生成熱 |
| ニ. 耐性 | ヌ. 中和 | ネ. 潮解 | ノ. 展性 | ハ. 同族体 | ヒ. 燃焼 | フ. 反応熱 |
| ヘ. 付加 | ホ. 不純物 | マ. 分解 | ミ. 分子 | ム. 分留 | メ. 融解 | モ. 溶解度 |

〔2〕1 mol のイオン結晶を構成するイオンを、それぞれ気体状のイオンにバラバラにするのに必要なエネルギーを格子エネルギー（格子エンタルピー）という。イオン結晶である NaCl（固）の格子エネルギーを x [kJ/mol] とすると、化学反応式と反応にともなうエネルギー変化 ΔH は次式ようになる。



格子エネルギーは直接測定することは難しいが、関連するほかのエネルギー変化の値と、ヘスの法則を用いれば間接的に求めることができる。

(1) NaCl（固）の生成エンタルピー



(2) ナトリウム Na の (⑦) エンタルピー



(3) 塩素 Cl₂ の (⑧) エネルギー



(4) Na の (⑨) エネルギー



(5) Cl（気）の (⑩)



1) ⑦および⑧に最も適する用語を、漢字2字で各々記せ。

2) ⑨および⑩に最も適する用語を、5字以内で各々記せ。

3) ⑪～⑭に適する符号を、+ または - で記せ。

4) 格子エネルギー x の値を記せ。

〔3〕 NaCl 0.900 g を純水 (pH 7.0) 100 mL に溶解した水溶液を生理食塩水といい、血液や涙といったヒトの体液とほぼ同じ浸透圧を示す。以下の問いに答えよ。

1) 調製した生理食塩水の液性として最も適するものを、解答欄の中から選び○で囲め。

また、選んだ理由を1～2行で記せ。なお、 NaCl は完全に電離しているものとする。

2) 生理食塩水 100 mL のモル濃度を有効数字2桁の科学的表記法（仮数部と指数部からなる指数表記）で記せ。具体的には、解答欄の空欄（仮数部と指数部）に、それぞれ数字を記せ。

ー以下、余白ー （計算スペースとして利用可） 次ページ

3

 に、問題はつづく

3 下記の文章を読んで問いに答えよ。

単糖である D-グルコースの水溶液中には、 α -グルコースと β -グルコースが存在し、さらに両者の相互変換の中間体として、ごく少量の ①鎖状グルコースも平衡状態で含まれる。②植物はこの化学平衡を巧みに利用して生存している。

植物体内では、 α -グルコース単位を構成要素としてデンプンが合成される。デンプンは、コメや小麦、イモ類などにデンプン粒として蓄積される。③デンプン粒は、 α -グルコースが直鎖状に結合した【分子 A】と、部分的に枝分かれ（分岐）しながら結合した【分子 B】から構成されている。【分子 A】や【分子 B】は 1 分子の大きさがおおよそ 1 nm～1 μ m ほどの生体高分子である。④これらの鎖状部分は三次元的に【構造名】構造を形成しており、この三次元構造にヨウ素分子とヨウ化物イオンからなる三ヨウ化物イオン (I_3^-) がぴったりとはまり込む（包接）と、青～赤紫色を呈する。しかし、デンプンを熱水に浸すと、この構造が崩れて三ヨウ化物イオンが包接できなくなり、色はヨウ素溶液本来の色に戻る。

α -グルコースは水に可溶であるのに対し、デンプン粒は常温の水にはほとんど溶解しない。これは、合成された【分子 A】や【分子 B】が凝集して水分子が排除され、部分的に結晶化するためである。⑤この結晶化には、植物にとっていくつかの利点がある。⑥この部分的な結晶構造はそれほど強固なものではなく、⑦熱水中ではデンプン分子が分散する。この現象は「糊化（こか）」と呼ばれる。【分子 A】は比較的結晶化しやすいのに対し、【分子 B】は分岐構造が存在するため結晶化しにくい性質がある。そのため、デンプン粒中の【分子 B】の割合が高いほど糊化しやすくなる。

ところで、なぜ植物は単純な構造の【分子 A】だけでデンプン粒をつくらず、わざわざ複雑な構造の【分子 B】も利用することにしたのであろうか？ いくつかの可能性が考えられるが、「【分子 A】だけでデンプン粒を形成すると消化酵素で分解するのが困難になる。」という事実は、この疑問を解き明かす手掛かりの一つとなる。ヒトでも同様であり、【分子 A】を 50%以上含む ⑧難消化性デンプン粉末は消化されづらい。そのためサプリメントとしても利用され、エネルギー源としてではなく整腸作用や血糖値の上昇抑制といった効能が期待されている。

糊化したデンプンが時間の経過とともに再び結晶化する現象は「老化」と呼ばれるが、【分子 B】の含有量が多いデンプンほどこの老化が起こりにくくなる。日本人の主食であるうるち米に比べ、もち米は【分子 A】をほとんど含まず、【分子 B】の含有量が多いため、炊飯後にはモチモチとした食感になり、冷めても固くなりやすいという特徴がある。大福の皮にももち米が使われているが、⑨そこに砂糖を加えるのは甘味をつけるためだけでなく、時間がたってもより固くなりづらく（デンプンを老化しづらく）するためでもある。

- 〔1〕下線部①に関して、解答欄の図は鎖状 D-グルコースの炭素骨格の構造を示したものである。この図に不足した部分を補い、鎖状 D-グルコースの構造式を完成させよ。ただし、元素記号と価標（元素記号同士を結ぶ線）を省略しないこと。
- 〔2〕下線部②に関して、植物におけるグルコースの 2 つの主要な機能を、それぞれ 13 字以内で記せ。
- 〔3〕下線部③に関して、
- 1) 分子 A、分子 B の名称をそれぞれ記せ。
 - 2) 分子 A の重合度が 10 のとき、この分子 A の分子量を有効数字 3 桁の科学的表記法（仮数部と指数部からなる指数表記）で記せ。具体的には、解答欄の空欄（仮数部と指数部）に、それぞれ数字を記せ。
- 〔4〕下線部④に関して、デンプン分子の鎖状構造部分が形成する三次元構造の名称を記せ。
- 〔5〕下線部③と下線部⑤に関して、植物にとってグルコースをデンプン粒として蓄えることにどのような利点があると考えられるか。デンプン粒の構成や構造から考えられる利点を、それぞれ 1 行以内で二つ記せ。
- 〔6〕下線部⑥に関して、デンプンの結晶化部分の分子間に形成される化学結合の名称を記せ。
- 〔7〕下線部⑦に関して、熱水中でデンプンが均一に分散したデンプン溶液の状態の名称を記せ。
- 〔8〕下線部⑧に関して、糊化したデンプンにヒト唾液（だえき）中の消化酵素を十分に作用させたとき、生成される主要な二糖の名称を記せ。
- 〔9〕下線部⑨に関して、糊化したもち米のデンプンに砂糖を混ぜるとより老化しづらくなるのはなぜか。デンプンの高次構造から考えられる理由を 1 行以内で記せ。

以 上

生 物

1 次の文章を読んで質問に答えなさい。

マラリアは、マラリア原虫と呼ばれる単細胞性の原生生物の一種によって引き起こされる感染症であり、ヒトへの感染は蚊の一種であるハマダラカによって媒介される。

ハマダラカをはじめ、蚊の中で動物の血液を吸うのはメスのみである。1匹のハマダラカのメスは、ヒトなどから1回の吸血で自分の体重とほぼ同量の血液を吸う。そのままでは重すぎて飛行が困難なため、吸血を終えたハマダラカは近くの壁などにとまり、1～数時間休息する。この間に、吸った血液に含まれる多量の水分を体外に排出し、その後の飛行を容易にする。

マラリア原虫は哺乳類とハマダラカの間を往復する生活環をもつ。マラリア原虫は、ハマダラカのメスがヒトから吸血する際にハマダラカの唾液と共にヒトの体内に侵入する。その後マラリア原虫はいったん肝細胞に侵入し、次いで肝細胞から外に出て赤血球に侵入する。赤血球に侵入したマラリア原虫は、赤血球内に豊富に存在する酸素運搬タンパク質の（ア）などを栄養源として増殖する。

（ア）の分解によって遊離するヘムという（イ）を含む分子は、多量に存在するとマラリア原虫にとり有害であるため、マラリア原虫はヘムを重合させることで無害化するシステムをもっている。赤血球内で増殖したマラリア原虫はやがて赤血球を破壊して脱出し、別の赤血球に新入して増殖する、という過程を繰り返す。この移動は宿主個体内の赤血球で同時的に起こり、赤血球の破壊の際に患者に発熱が起こる。この繰り返す発熱はマラリアに特徴的な症状で、古くは瘧^{おこり}と称された。

マラリアの中でも比較的症状が軽く、温帯地域に分布する三日熱マラリアの土着感染は、かつて日本国内でも見られた。しかし、防圧事業が奏功し、昭和30年代には国内での感染は根絶された。一方で、症状の重い熱帯熱マラリアは、現在でも熱帯地方を中心に深刻な被害を引き起こし、死亡に至るケースも多い。

近年、マラリアに対する有効なワクチンが実用化され始めているが、従来（そして現在でも）マラリアの防圧は、ハマダラカによる吸血機会の低減と、マラリア原虫に特異的に作用する薬物による治療を軸に進められてきた。

まず、ハマダラカによる吸血機会の低減に向けた方策として、殺虫剤の開発・使用が挙げられる。殺虫剤の一種であるDDT(dichlorodiphenyltrichloroethane, ジクロロジフェニルトリクロロエタン)は、昆虫など節足動物の体内に入り、その^a電位依存性ナトリウムチャネルの機能を乱すことで効果を発揮する。DDTの使用は人畜や農作物の病虫害防除に大きな成果を挙げたが、^b食物網に取り込まれると、例えば野鳥の卵殻が薄くなって割れやすくなるなど、節足動物以外の生物にも有害であることが明らかとなり、各国で使用が規制された。しかし、マラリアの流行も依然として深刻な問題であるため、2006年に世界保健機関(WHO)は、^c屋内での限定的な使用に限ってDDTの使用を認めた。

さらに近年では、ハマダラカその他、ネッタイシマカなど病気を媒介する様々な蚊を対象に、遺伝子改変個体を環境中に放つことでその数を減らす方法も研究されている。蚊のメスは1回の交尾で受け

取った 1 個体分の精子のみを用いて何度も受精を行うため、不稔性（次世代を形成できない）や致死性の遺伝子をもつオスを放つことで、これらの遺伝子が次世代に伝わり、個体数の効果的な減少が期待される。ただし、この手法では、a 不稔性や致死性の遺伝子をもつオスを持続的に供給することが課題となっている。

人体や動物の体内に侵入したマラリア原虫を駆除する抗マラリア薬としては、植物由来のキニーネが長い間有効に用いられてきた。キニーネの作用機序は必ずしも明らかではないが、マラリア原虫がヘムを無害化する機能を阻害することで薬効を発揮すると考えられている。一方で以前からキニーネに対する耐性をもつマラリア原虫の出現が課題となっており、これを受けてキニーネとは別の抗マラリア薬（アルテミシニンなど）も実用化されている。しかし、これらの薬剤にも耐性をもつマラリア原虫が出現しており、マラリア治療薬の開発は今なお続けられている。

マラリア原虫は、病原性をもつトキソプラズマ原虫などとともに、アピコンプレクサ類という単細胞生物のグループに属する。アピコンプレクサ類は、祖先となる単細胞原生生物である原虫（以下「宿主」）に、葉緑体をもつ単細胞生物（以下「共生体」）が取り込まれて共生したことにより出現したと考えられている。この結果生じた、共生体を起源とする細胞小器官は、アピコプラストと呼ばれ、アピコンプレクサ類に特有のものである。アピコプラストは進化の過程で光合成能力を失ったものの脂質合成などを通じてアピコンプレクサ類の生存に寄与していると考えられている。アピコプラストには独自の DNA が含まれており、そのゲノム解析や遺伝子の機能解析を通じ、アピコプラスト特有のタンパク質を標的とした阻害物質、すなわちマラリアやトキソプラズマなどの治療薬の開発が進められている。

- 〔1〕文中の空欄（ ア ）および（ イ ）に入る適切な語を答えなさい。ただし、（ イ ）は金属である。
- 〔2〕下線 a について、神経細胞や筋繊維における電位依存性ナトリウムチャネルの主要な役割を 1 行で説明しなさい。
- 〔3〕下線 b について、栄養段階の上位になる程物質の体内濃度が上昇する現象を生物濃縮という。
- 1) 生物濃縮が起こりやすい物質の特徴を 2 つ、それぞれ 1 行以内の箇条書きで答えなさい。

- 2) 水中と生物体内の DDT 量 (ppm) について、アメリカのロングアイランド (ニューヨーク南東沖合の島) で行われた調査結果を図 1-1 に示す。ダツは大型の肉食魚であり、ミサゴはタカ目に属する鳥である。水中の DDT が、ミサゴ (卵) では何倍に濃縮されているかを求めなさい。ただし、1 ppm は水または体重 1 kg あたりに 1 mg の DDT が存在することを示す。

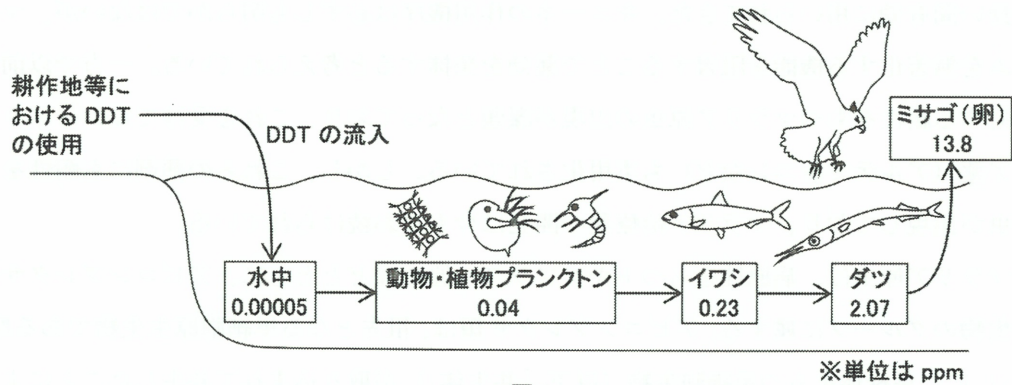


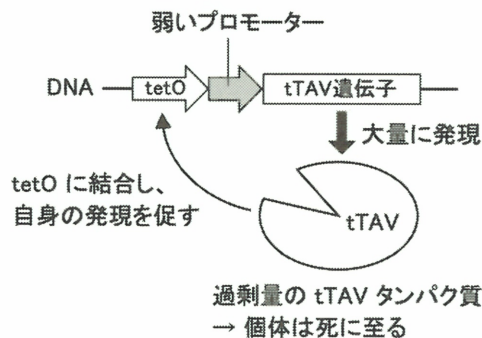
図 1-1

- 〔4〕 下線 c について、具体的には家屋の壁に適量の DDT を塗布することで成果を挙げている。このような使用法が蚊の中でも特にハマダラカのメスに有効な理由を、問題文の内容を踏まえて 2 行以内で説明しなさい。
- 〔5〕 下線 d について、遺伝子工学的に蚊を死滅させる手法の 1 つとして次のようなものがネッタイシマカ (黄熱病やデング熱の原因ウイルスを媒介する蚊) において試みられている。

細胞内に過剰に蓄積すると最終的に個体の死をもたらすことが知られているタンパク質 tTAV の遺伝子を、tetO という DNA 配列と、弱いプロモーターの下流につないだ DNA をネッタイシマカに導入する (図 1-2)。このような個体では、弱いプロモーターのはたらきによって、まず微量の tTAV タンパク質が合成される。tTAV は tetO に結合すると tTAV 遺伝子の転写を促進するので、tTAV は自身の遺伝子発現を促進し、tTAV の過剰生産を通じて個体を死に至らしめる (図 1-2A)。

テトラサイクリンという薬品は tTAV に結合して、tTAV が tetO へ結合するのを阻害する。

(A) テトラサイクリン非存在下



(B) テトラサイクリン存在下

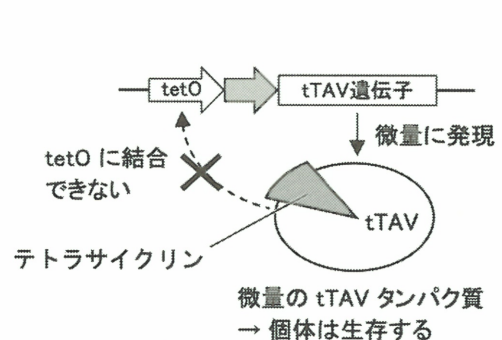


図 1-2

遺伝子導入したネッタイシマカをテトラサイクリン存在下で飼育すると、tTAV の過剰な遺伝子発現は起こらず個体も生育し続ける (図 1-2B)。

この tTAV 遺伝子に関してホモ接合体のネッタイシマカの系統を作出して、テトラサイクリン存在下で飼育を続けた。このうちホモ接合体のオスを野生型のメスと交配すると、ここから産まれた次世代は、テトラサイクリン非存在下で致死となった。なお、この研究で用いた tTAV ホモ接合体の成熟したオスは、野外に持ち出されてもメスと交尾を終えるまでに要する時間は生存し、問題なく交尾することができた。

1) このホモ接合体のオスを適切な管理下で安定的に生産し、その後、野外に放ち、野外のネッタイシマカの個体数を減少させようとする上で、テトラサイクリンに求められる条件はどれか、①～⑥から適当なものを全て選びなさい。

- ① ネッタイシマカの細胞膜を通過できる。
- ② ネッタイシマカの細胞膜を通過できない。
- ③ ネッタイシマカにも野外環境中にも十分量存在する。
- ④ ネッタイシマカには十分量存在するが野外環境中には十分な量は存在しない。
- ⑤ ネッタイシマカには十分な量は存在しないが野外環境中には十分量存在する。
- ⑥ ネッタイシマカにも野外環境中にも十分な量は存在しない。

2) 効果の現れ方から、この tetO と弱いプロモーターを含む tTAV の導入遺伝子は顕性 (優性) と考えられた。この導入遺伝子が顕性の遺伝子として機能すると考えられる理由を 2 行以内で簡潔に説明しなさい。

[6] 下線 e について、アピコプラスト (細胞小器官) は 4 重の膜に囲まれた構造をとる (図 1-3)。

アピコプラストは、葉緑体を 1 つだけ持つ共生体が宿主 (マラリア原虫などの祖先) に取り込まれ、葉緑体以外の核などの細胞小器官の多くを失ってできたと考えられている。アピコプラストの 4 重の膜の位置関係は、共生体が宿主に取り込まれた当初の関係を維持しているとする、図 1-3 i と ii (外から 2 番目と 3 番目の膜) の起源として最も可能性が高いと考えられるのは、下のあ) ～え) のいずれであるか答えなさい。なお、共生体の葉緑体のチラコイド膜は考慮しなくてよい。

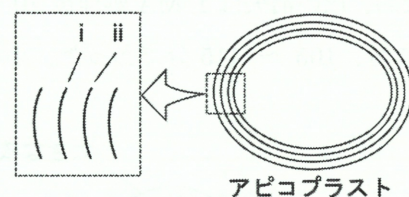


図 1-3

- | | |
|---------------|---------------|
| あ) 共生体の細胞膜 | い) 共生体の葉緑体の外膜 |
| う) 共生体の葉緑体の内膜 | え) 宿主の小胞の膜 |

2 次の文章を読んで質問に答えなさい。

個体としての寿命が限られている生物は、生きている間に子孫をつくることによって、その種の連続性を維持している。多くの動物では、成長に伴い雄の精巣では精子が、雌の卵巣では卵がつくられ、受精によって新たな個体を誕生させている。

発生の初期に出現する始原生殖細胞は、雄の場合、精巣で（ア）細胞に分化し、体細胞分裂によって数を増やす。個体が成熟すると（ア）細胞の一部は（イ）細胞になり、この細胞が減数分裂を行って精細胞を形成する。さらに精細胞は変態して精子となる。

一方、雌の卵巣内では、始原生殖細胞から分化した（ウ）細胞が体細胞分裂によって数を増やす。やがて（ウ）細胞は栄養分などを蓄えて大型の一次卵母細胞になり、減数分裂の過程に入る。

^a棘皮動物のヒトデでは、産卵期の成体の卵巣に、減数分裂を第一分裂前期で停止した多数の一次卵母細胞が含まれている。この一次卵母細胞は、ヒトデの卵成熟誘起ホルモンとして知られる 1-メチルアデニン（1-MA）によって減数分裂を再開し、核膜崩壊を起こして産卵されることが知られている。自然状態では、多くの場合、複数の個体が集まり一斉に放卵・放精を行うため、放卵直後に受精が成立する。ヒトデでは、卵母細胞の減数分裂途中に受精が成立すると、進入した精子の核（精核）は卵母細胞の減数分裂が完了するまで卵母細胞の表層近くにとどまる。減数分裂が完了すると精核は卵の核と融合して卵割を始める。

ヒトデでは受精後に正常な発生を進めるために、受精できる精子を 1 つに限定している。この余分な精子の受精を防ぐ仕組みを多精拒否という。ある研究者らは、イトマキヒトデを用いて多精拒否の仕組みについての研究を行った。その一部を示す。

【実験 1】 卵母細胞の減数分裂の様子を顕微鏡下で観察するために、産卵期にあるヒトデ成体の卵巣から多数の一次卵母細胞を取り出し、シャーレに満たされた海水中に入れた。そのまま放置しても減数分裂は進行しないが、これに 1-MA を加えたところ、**図 2-1 A→B→C→D** のように卵母細胞がもつ大きな核の核膜が崩壊し、次いで極端な不等分裂によって **小さな細胞 1** および **小さな細胞 2** を形成した。なお、核の消失は 1-MA 処理後 40 分、小さな細胞 1 および 2 の形成はそれぞれ 1-MA 処理後 65 ～ 75 分、105 ～ 115 分であった。小さな細胞 1 は分裂しなかった。

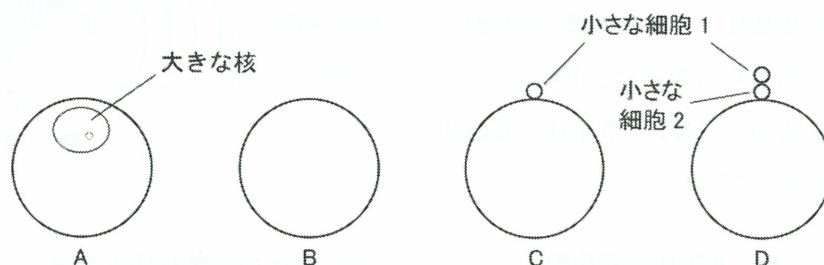


図 2-1

【実験 2】 ヒトデ成体 3 個体の卵巣からそれぞれ一次卵母細胞を取り出し、海水を満たした別々のシャーレに入れた。それぞれのシャーレに 1-MA を加え、1-MA 処理後 40 分、120 分、180 分にシャ

一レから卵母細胞（卵）の一部を取り出し、それぞれに精子を加えたところ、いずれのタイミングにおいても受精が成立し、同じ棘皮動物に属するウニと同様に、受精膜が正常に形成された。

これらについて、1個の精子が受精した場合を単精、複数の精子が受精した場合を多精とし、1-MA 処理後それぞれのタイミングにおける単精であった受精卵の割合（%）を調べたところ、表 2-1 に示す結果が得られた。単精の場合は正常に発生が進行したが、多精の場合は卵割が異常になった。なお、いずれのタイミングで受精させた際も、加えた精子と卵母細胞（卵）の数の比は全て等しく揃えられており、精子を加えてから受精膜が形成されるまでの時間は全ての場合で違いがみられなかった。

表 2-1			
個体	1-MA 処理後の時間		
	40 分	120 分	180 分
1	95%	13%	3%
2	96%	18%	3%
3	93%	17%	4%

〔実験 3〕1-MA 処理後 40 分の卵母細胞に微小電極を挿入し、膜電位を測定したところ、静止電位はおよそ -60 mV であった。この状態で受精させると、受精に伴って図 2-2 に示すような膜電位変化が得られた。膜電位は受精膜完成後に徐々に受精前の静止電位のレベルに戻った（図 2-2 には示されていない）。

同様に 1-MA 処理後 120 分、180 分に受精に伴う卵の膜電位変化を測定したところ、表 2-2 にまとめたような結果が得られた。

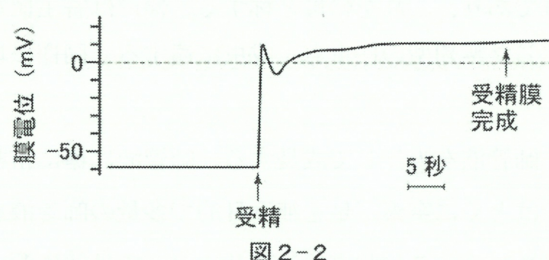


表 2-2			
	1-MA 処理後の時間		
	40 分	120 分	180 分
脱分極のピーク	+12 mV	-5 mV	-30 mV
-5 mV に達するまでの時間	< 1.0 秒	15 秒	—

- 〔1〕文中の空欄（ア）～（ウ）に入る適切な語を答えなさい。
- 〔2〕下線 a について、棘皮動物の発生過程における、原口と口との関係を 2 行以内で説明しなさい。
- 〔3〕下線 b について、小さな細胞 1 および 2 の名称を答えなさい。
- 〔4〕下線 c について、棘皮動物の受精において一般に受精膜が果たす役割を 1 行で説明しなさい。
- 〔5〕イトマキヒトデにおける多精拒否の仕組みについて、**実験 2** から分かることを 2 行以内で説明しなさい。
- 〔6〕**実験 3** について以下の質問に答えなさい。

- 1) 膜電位変化は、多精拒否においてどのような役割を果たすと推定できるか、2 行以内で説明しなさい。

- 2) 「膜電位固定法」という、膜電位を任意の値に設定し、維持できる実験手法がある。これを用いて、1) で推定したことを直接的に証明したい。どのような実験を行い、どのような結果を確認できるとよいか、3 行以内で説明しなさい。

3

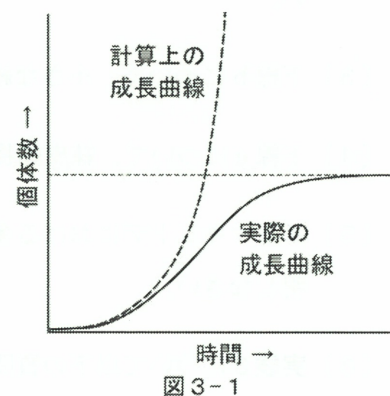
次の文章を読んで質問に答えなさい。

地球上では多種多様な生物が集団を形成し、生活している。ハチ、アリ、シロアリなどの社会性昆虫はコロニーとよばれる個体群を形成し、構成員間での分業が顕著なことが知られている。社会性昆虫は高度に発達したコミュニケーション手段をもち、フェロモン、触覚、体の動作などを用いて個体間の情報伝達を行う。社会性をもつアリの特徴的な行動の一つに、巣と餌場の間に「道しるべ」を形成することが挙げられる。すなわち、採餌を行う働きアリは腹端から揮発性の「道しるべフェロモン」を分泌してこれを基質（地面など）につける。これにより、他の働きアリがこのフェロモンを追跡することで効率的に餌場に到達することを可能にしている。

自然界では、異なる種の生物どうしが密接な相互作用をもって生活していることがあり、そのような関係を共生という。アリと共生関係にある代表的な例がアブラムシである。アブラムシは卵で越冬し、春に孵化する。最初に孵化した個体は無翅型の雌であり、これを幹母と称する。幹母は寄主植物上において単為生殖を行う。この単為生殖によって生じた無翅型の仔虫も、成虫に達すると同様に単為生殖を行い、個体数を増加させる。

アブラムシは、寄主植物の維管束に口針を挿入し、師管液を吸汁して成長する。師管液は糖に富む一方で栄養成分に偏りがある。このため、アブラムシはとくに窒素不足を補う目的で多量の師管液を吸汁する必要がある。余剰の糖類等が甘露として排泄される。この甘露は、アリにとっては餌資源となる。一方、アブラムシにとってアリは、天敵を排除してくれる存在であるとともに、排泄された甘露を除去し生息環境の衛生状態を改善してくれる存在でもある。

〔1〕個体群の成長曲線を図3-1に示す。個体数は、特に何の制約も受けなければ、計算上は指数関数的に増加すると考えられるが、実際には個体群密度の上昇に伴って個体数の増加速度は鈍化し、ある一定の個体数に達するとそれ以上は増加しなくなる（実線）。



- 1) 個体群密度の上昇に伴い、個体群を構成する個体の発育・生理などが変化することを何と称するか。
- 2) ある環境において維持できる個体数には上限がみられる。このような上限の個体数を何と称するか。
- 3) 一般に、個体群密度の上昇に伴い、個体群の成長が抑制される要因はいくつか考えられ

る。2つ箇条書きで挙げなさい。

〔2〕 相利共生および片利共生の説明として適切なのはどれか、下の ア) ～ オ) からそれぞれ選びなさい。

ア) 種 A が種 B を捕食する。

イ) 種 A が種 B から利益を得て、種 B は種 A から不利益を受ける。

ウ) 種 A が種 B から利益を得て、種 B は種 A から利益も不利益も受けない。

エ) 種 A が種 B から利益を受けるとともに、種 B が種 A から利益を受ける。

オ) 種 A が種 B から利益を受けることと、種 B が種 A から利益を受けることが交互に起こる。

〔3〕 フェロモンとは、同種の他個体に対して刺激となる情報伝達物質をいうが、同じ物質が他種の個体に影響を与えることもある。このことについて、共生関係にあるヒアリ *Solenopsis invicta* (以後「アリ」) とワタアブラムシ *Aphis gossypii* (以後「アブラムシ」) を対象に、ある研究グループが行った研究の一部を示す。

〔実験 1〕 アブラムシは、触角にある化学受容器で空気中の化学物質を感知している。この化学物質の感知の有無・程度をニューロンの興奮（触角電位）として測定する方法が確立されている。すなわち、片方の触角をリンガー液で満たされたガラス電極（記録電極）に浸し、もう一方の電極（基準電極）をアブラムシの身体の別の部位に挿入し、「触角電位」を測定する方法である（図 3-2）。

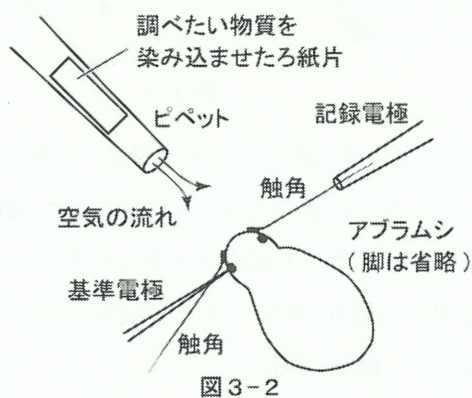


図 3-2

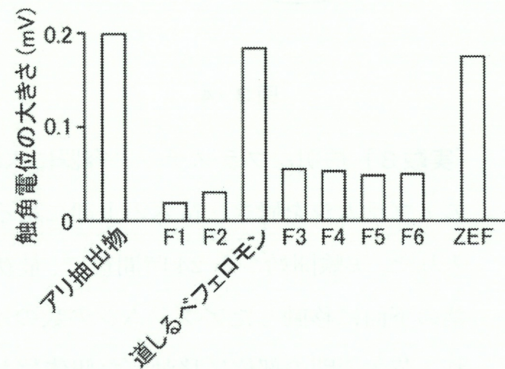


図 3-3

アリ由来の物質が触角電位を誘発するか調べる目的で、凍結保存しておいた働きアリをヘキササンに浸して抽出物を得た（アリ抽出物）。さらにアリ抽出物を特殊な方法で分画し、道しるべフェロモンを含む画分、およびその他の画分 F1～F6 の計 7 つの画分を得た。また、道しるべフェロモンとして既に同定されている化学物質（ZEF; *Z,E*- α -ファルネセン）をヘキササンに溶解した。

アブラムシに上記のように電極を設置し、ろ紙片に染み込ませたアリ抽出物、7 つの画分、ZEF をそれぞれピペットに入れ、一定の空気の流れに乗せてアブラムシに与えた（図 3-2）。

それによって得られた触角電位を図3-3に示す。図に示されている触角電位の大きさは、それぞれの刺激で得られた値と対照実験で得られた値の差である。

[実験2] 様々な物質がアブラムシの移動にどのような影響を及ぼすかを調べた。まず、アブラムシの警戒フェロモン（捕食者等の危険を仲間に知らせるフェロモン）として同定された化学物質をヘキサンに溶解し、一辺1cmのろ紙片4枚に染み込ませ、直径9cmのシャーレの四隅に置いた（図3-4）。次いで、シャーレ中央の直径1cmの円内にアブラムシを5匹おき、蓋をした。5匹のアブラムシ全てが、シャーレ中央から歩いて移動し、シャーレの縁に到達するまでの時間（分散時間）を計測したところ、分散時間は対照実験と比較して短く、警戒フェロモンがアブラムシの移動を促進することが確認できた（図3-5A）。

次に、アリ抽出物、道しるべフェロモン画分、ヘキサンに溶解したZEFを、それぞれ一辺1cmのろ紙片4枚に染み込ませ、シャーレの四隅に置いた（四隅のろ紙片には同じ物質が染み込ませてある）。それぞれの物質について分散時間を計測した結果を図3-5Bに示す。

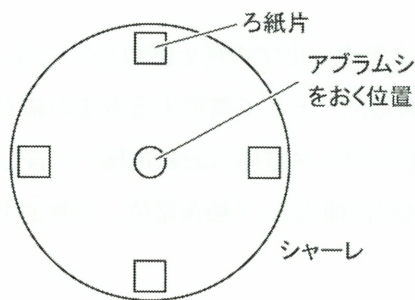


図3-4

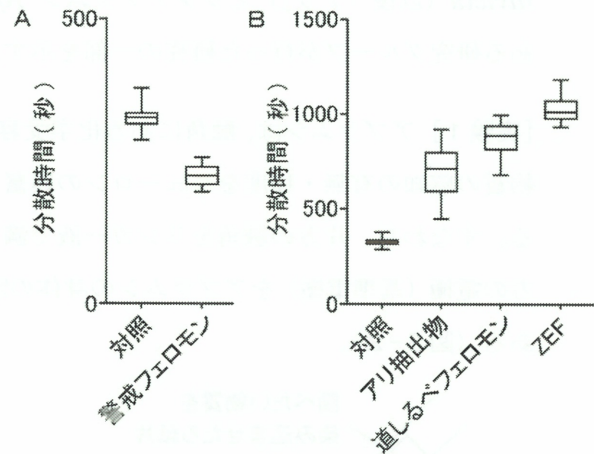


図3-5

[実験3] 透明なプラスチック容器に入れられたワタ（綿）の苗木を用意し、葉の上面に50匹のアブラムシを置き、苗木の上部に吊るした小さな容器にヘキサンに溶解したZEFを一定量入れた。実験開始から24時間後に、最初に置かれた葉の上面にとどまったアブラムシの数と、葉の下面に移動したアブラムシの数の比を得た（図3-6A）。また、最初に置かれた葉から離れ、苗木の別の部位に移動した個体数も数えた（図3-6B）。

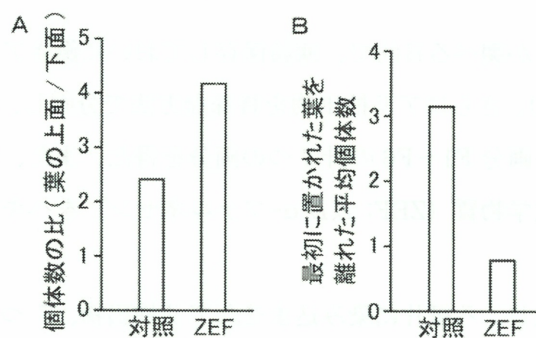


図3-6

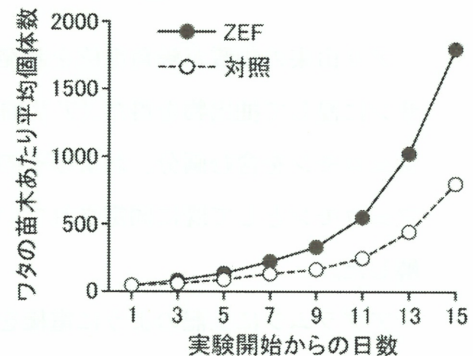


図3-7

【実験4】透明なプラスチック容器に入れられたワタの苗木を複数用意し、それぞれの苗木の葉の上面にアブラムシを 50 匹ずつ均等に置いた。苗木の上部に吊るした小さな容器にヘキサンに溶解した ZEF を一定量 1 日 2 回、毎日入れ、それぞれの苗木についてアブラムシの総個体数を定期的に数えた（図3-7）。実験には、1 個の越冬卵に由来し、単為生殖で増殖した雌を用いた。実験開始（0 日）から実験終了時点（15 日）で、それぞれのワタの苗木の葉の表面積に有意な差はなかった。

【実験5】孵化後まだ単為生殖を始めていないアブラムシを、透明なプラスチック容器に入れられたワタの苗木の葉の上面に置いた。苗木の上部には小さな容器を吊るし、ヘキサンに溶解した ZEF を一定量 1 日 2 回、毎日入れた。このアブラムシが産卵をするようになると、産卵するたびに仔虫を無作為に選び、別のワタの苗木の葉の上面に移した。この生まれてすぐの仔虫を置いたワタの苗木にも、小さな容器を吊るし、ヘキサンに溶解した ZEF を一定量 1 日 2 回、毎日入れた。これらの個体について図3-8に示した項目を調査した。いずれも平均値を示す。

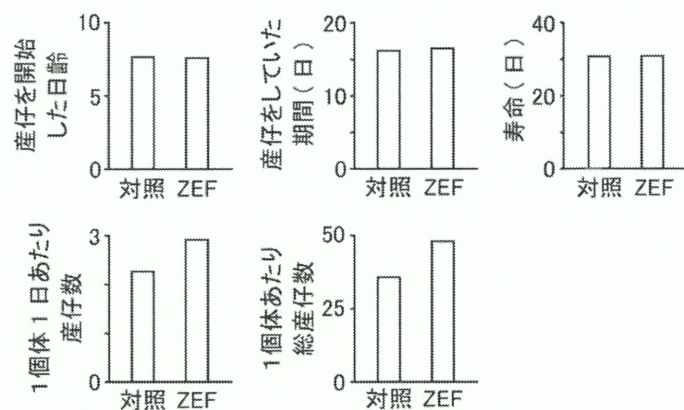


図3-8

- 1) 一連の実験において、対照実験に用いた物質は何か。
- 2) 実験1の結果を1行で説明しなさい。
- 3) アリの道しるベフェロモンは、アブラムシの行動にどのような影響を及ぼすか、1行で説明しなさい。
- 4) アリの道しるベフェロモンは、アブラムシの個体群の成長にどのような影響を及ぼすか、2行以内で説明しなさい。
- 5) アリの道しるベフェロモンがアブラムシに与える影響は、アリにとってどのようなメリットをもたらすか、3行以内で説明しなさい。
- 6) アリの道しるベフェロモンがアブラムシに与える影響は、アブラムシにとってどのようなメリットをもたらすか、3行以内で説明しなさい。

以 上