

自然科学

問題冊子

指 示

合図があるまでは絶対に中を開けないこと

1. この試験は、資料を読んで、あなたがその内容をどの程度理解し、分析し、また総合的に判断することができるかを調べるためのものです。
2. この冊子には、数学、物理、化学、生物の4分野の問題がこの順序で掲載されています。
その中から2分野を選んで解答して下さい。
3. 配点は各分野とも40点満点で、2分野の合計で80点満点です。
4. 解答のための時間は、「解答はじめ」の合図があってから正味80分です。
5. 使用する解答欄は、問題の前に指示してあります。解答欄は、多肢選択マークセンス方式のほか、一部に記述方式が含まれます。
6. 選んだ分野と答えは、解答カードの定められたところに指示どおりに鉛筆を用いて書き入れて下さい。一度書いた答えを訂正するには、消しゴムできれいに消してから、あらためて正しい答えを書いて下さい。
7. メモにはこの冊子の余白を用い、ほかの紙は使用しないで下さい。
8. 「解答やめ」の合図があったら、ただちにやめて下さい。試験監督が問題冊子と解答カードを集め終わるまでは、退室できません。
9. この指示について質問があるときは、試験監督に聞いて下さい。ただし、問題の内容に関する質問はいっさい受けません。
10. 解答上の注意が、裏表紙に記載してあるので、この問題冊子を裏返して必ず読んで下さい。ただし、問題冊子を開いてはいけません。

「受験番号」を解答カードの定められたところに忘れずに書き入れること

(余 白)

目 次

数 学	2
物 理	10
化 学	25
生 物	37

数 学

PART I ～ PART III の問題があります．マークセンス方式の解答欄(1)～(20)を使って、あなたの答えを示しなさい．

PART I

1 辺の長さが 1 の正五角形について調べてみよう．

正五角形の内角の大きさは $\frac{3}{5}\pi$ である．余弦 $\cos \frac{3}{5}\pi = \cos \left(\pi - \frac{2}{5}\pi \right) = -\cos \frac{2}{5}\pi$ を求めよう．

加法定理

$$\sin(\alpha + \beta) = \sin \alpha \cos \beta + \cos \alpha \sin \beta$$

$$\cos(\alpha + \beta) = \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta$$

において、 $\alpha = \beta = \theta$ とすると、倍角の公式

$$\sin 2\theta = 2 \sin \theta \cos \theta, \quad \cos 2\theta = 2 \cos^2 \theta - 1$$

が得られる．さらに、 $\alpha = \theta, \beta = 2\theta$ とすると、3 倍角の公式

$$\sin 3\theta = 3 \sin \theta - 4 \sin^3 \theta, \quad \cos 3\theta = 4 \cos^3 \theta - 3 \cos \theta$$

が得られる．

$\theta = \frac{2}{5}\pi$ とすると、 $3\theta = 2\pi - 2\theta$ であるから、

$$\cos 3\theta = \cos(2\pi - 2\theta) = \cos 2\theta$$

となる．ここで、 $u = \cos \frac{2}{5}\pi$ とおく．

1. u が満たす 3 次方程式は次のどれか. 適切なものを解答欄 (1) に記せ.

a. $4u^3 - 2u^2 - 3u + 1 = 0$

b. $4u^3 - 3u^2 - 2u + 1 = 0$

c. $3u^3 - u^2 - 2u + 1 = 0$

d. $3u^3 - 2u^2 - u + 1 = 0$

2. $u > 0$ かつ $u \neq 1$ に注意すると, u の値は次のどれか. 適切なものを解答欄 (2) に記せ.

a. $\frac{\sqrt{5} + 1}{2}$

b. $\frac{\sqrt{5} - 1}{2}$

c. $\frac{\sqrt{5} + 1}{4}$

d. $\frac{\sqrt{5} - 1}{4}$

図1のように、1辺の長さが1の正五角形ABCDEの頂点を時計の針の回転と同じ向きにA～Eとする.

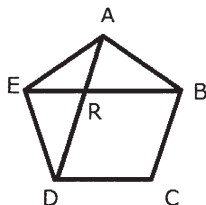


図1 1辺の長さが1の正五角形ABCDE

$\triangle AED$ において $AE = ED = 1$ であるから、 $\triangle AED$ は二等辺三角形であり、 $\angle EAD = \angle EDA = \frac{1}{5}\pi$ となる. また、 $\angle ADC = \frac{2}{5}\pi$ である.

対角線ADとEBの交点をRとすると、 $\triangle ARE$ も二等辺三角形であり、 $\triangle ARE$ と $\triangle AED$ は相似である. ゆえに、 $AE : ER = AD : DE$ である. そこで、 $x = AD$ とおくと、 $\triangle DER$ も二等辺三角形であるから、

$$1 : (x - 1) = x : 1$$

となる. ここから、 $x > 0$ に注意すると、 $x = \frac{\sqrt{5}+1}{2}$ を得る. $1 : \frac{\sqrt{5}+1}{2}$ は黄金比とよばれ、黄金比は自然界に潜んでいることも多く、興味深い比であると考えられてきた.

正五角形ABCDEの辺CDが x 軸の上にあり、CDの中点が原点であるとする. 点Aの y 座標は正であるとする.

3. 点Aの y 座標は次のどれか. 適切なものを解答欄(3)に記せ.

a. $\frac{\sqrt{5+2\sqrt{5}}}{2}$

b. $\frac{\sqrt{5-2\sqrt{5}}}{2}$

c. $\frac{\sqrt{5+2\sqrt{5}}}{4}$

d. $\frac{\sqrt{5-2\sqrt{5}}}{4}$

PART II

n, m を 0 以上の整数とする. x の n 次式で表される関数 $P_n(x)$ (ただし, x^n の係数は 1 とする) を次のように定めよう.

まず, $P_0(x) = 1$ (定数関数) とする. また, 関数 $Q(x), R(x)$ に対して,

$$(Q(x), R(x)) = \int_{-1}^1 (1-x)(1+x)Q(x)R(x) dx = \int_{-1}^1 (1-x^2)Q(x)R(x) dx$$

とおく. 関数 $P_n(x)$ が,

$$(P_n(x), P_m(x)) = 0 \quad (\text{ただし, } n \neq m)$$

を満たすようにしたい.

4. たえば, $n = 1$ のとき, $P_1(x) = x + a$ (ただし, a は定数) とおく.

$$\begin{aligned} 0 &= (P_0(x), P_1(x)) = \int_{-1}^1 (1-x^2) \cdot 1 \cdot (x+a) dx = \int_{-1}^1 (-x^3 - ax^2 + x + a) dx \\ &= 2a \int_0^1 (1-x^2) dx = \frac{\boxed{(4)}}{\boxed{(5)}} a \end{aligned}$$

から, $a = 0$ が求まり, $P_1(x) = x$ と定まる.

5. さらに, $n = 2$ のとき, $P_2(x) = x^2 + bx + c$ (ただし, b, c は定数) とおく. $(P_0(x), P_2(x)) = 0$

から, $c = -\frac{1}{\boxed{(6)}}$ が求まる. $(P_1(x), P_2(x)) = 0$ から, $b = \boxed{(7)}$ が求まり, $P_2(x)$ が定まる.

6. また, $(P_0(x), P_0(x)) = \frac{\boxed{(8)}}{\boxed{(9)}}$, $(P_1(x), P_1(x)) = \frac{\boxed{(10)}}{15}$ がわかる.

7. さらに, これらを用いると, 1 次関数 $f(x) = px + q$ (ただし, p, q は定数) に対して,

$$(f(x), f(x)) = \frac{\boxed{(11)}}{\boxed{(12)(13)}} p^2 + \boxed{(14)} pq + \frac{\boxed{(15)}}{\boxed{(16)}} q^2$$

が成り立つ.

次に, k を 1 以上の整数とし, 関数 $G_k(x)$ を

$$G_k(x) = \int_{-1}^x (x-y)^{k-1} (1-y^2) P_k(y) dy$$

と定める.

8. このとき, $G_1(x) = -\frac{1}{\boxed{(17)}} (1-x^2)^2$ である.

実は, $G_k(x) = (\text{定数}) \times (1-x^2)^{k+1}$ が成立する.

PART III

整式 $f(x)$ について,

「任意の整数 m に対して, $f(m)$ は整数である」

ことを条件 (Z) とよぶことにする. 1 次式 $f(x) = a + bx$ (ただし, a, b は定数) が条件 (Z) を満たすならば,

$$f(0) = a, f(1) = a + b$$

はともに整数であるから, a, b はともに整数でなければならない. 逆に, a, b がともに整数であるとき, 整数 m に対して $f(m) = a + bm$ は整数である. すなわち, 条件 (Z) は満たされる.

次に 2 次式 $f(x) = p + qx + rx^2$ (ただし, p, q, r は定数) について考えよう.

9. 次の 2 次式の中で, 条件 (Z) を 満たさない ものを解答欄 (18) に記せ.

- a. $x + \frac{1}{2}x^2$
- b. $\frac{1}{2}x + \frac{1}{2}x^2$
- c. $\frac{1}{2}x - \frac{1}{2}x^2$
- d. $1 + x + x^2$

2 次式 $f(x) = p + qx + rx^2$ が条件 (Z) を満たすならば,

$$f(0) = p, f(1) = p + q + r, f(-1) = p - q + r$$

は整数であることがわかる.

ここで, $\frac{1}{2}, \frac{3}{2}, -\frac{1}{2}$ のように, 整数に $\frac{1}{2}$ を加えた形の有理数を「半整数」とよぶことにする.

10. p が整数であることは, 2 次式 $f(x) = p + qx + rx^2$ が条件 (Z) を満たすための必要条件である. さらに, 次のうち, 2 次式 $f(x) = p + qx + rx^2$ が条件 (Z) を満たすための必要条件を解答欄 (19) に記せ.

- a. 「 q, r がともに整数である」
- b. 「 q, r がともに整数である」あるいは「 q, r がともに半整数である」
- c. 「 q, r がともに整数である」あるいは「 q が整数かつ r が半整数である」
- d. 「 q, r がともに整数である」あるいは「 q が半整数かつ r は整数である」

今度は, 整式 $f(x)$ について,

「任意の偶数 m に対して, $f(m)$ は偶数である」

ことを条件 (E) とよぶことにする. 1 次式 $f(x) = a + bx$ が条件 (E) を満たすならば,

$$f(0) = a, f(2) = a + 2b$$

はともに偶数であることがわかる.

11. 次のうち, 1 次式 $f(x) = a + bx$ が条件 (E) を満たすための必要十分条件を解答欄 (20) に記せ.

- a. 「 a, b がともに整数である」
- b. 「 a が整数かつ b は偶数である」
- c. 「 a が偶数かつ b は整数である」
- d. 「 a が偶数かつ b は半整数である」

物 理

PART I ～ PART III の問題があります。マークセンス方式の解答欄(1)～(8)および記述方式の解答欄 A ～ D を使ってあなたの答えを示しなさい。

PART I

電気と磁気の間には密接な関係があり、この関係は、モーターや非接触型 IC カード、電磁調理器などに広く応用されている。ここでは、簡単な例を用いて電流と磁気との関係を考察する。

図 1 のように、鉛直上向きの一様な磁束密度 B [T] の磁界内に、十分に長い 2 本の導体レールが、間隔 ℓ [m] で水平に固定されている。さらに、このレール上に、レールと垂直に導体棒が置かれている。導体棒は、レールと垂直のまま左右に動くことができる。導体棒には滑車を通して質量 m [kg] のおもりが取り付けられている。はじめ、おもりは固定されている。重力加速度の大きさを g [m/s²] とする。

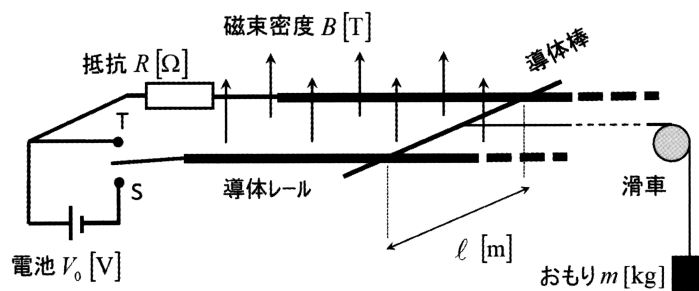


図 1 鉛直上向きの一様な磁界の中に置かれた導体レールと導体棒

レールの左端には、図1のようにスイッチが取り付けられており、スイッチをS側に接続すると起電力 V_0 [V] の電池と抵抗 R [Ω] に接続され、スイッチをT側に接続すると抵抗 R [Ω] のみと接続される。回路左端の抵抗 R [Ω] 以外の抵抗、導体棒の質量、および導体棒とレール間および滑車の摩擦は考えなくてよい。また、回路を流れる電流がつくる磁界の効果も無視してよい。

時刻 $t = 0$ s にスイッチをS側に接続すると同時におもりの固定を外した。

1. スイッチをS側に接続した直後に、回路に流れ始める電流 I_0 [A] を求め、解答欄 A に記せ。

2. スイッチをS側に接続したとき、導体棒が左向きに動き出すために抵抗 R [Ω] が満たすべき条件は

$$R < \frac{\text{ア}}{mg}$$

と与えられる。 ア として適切な式を解答欄 B に記せ。

抵抗 R が問 2 の条件を満たしており，導体棒は $t = 0$ s に左向きに動き出し，おもりを引き上げ始めたとする．このときの導体棒の速度 v [m/s] の時間変化の概略を図 2 に示す．左向きを正とする．

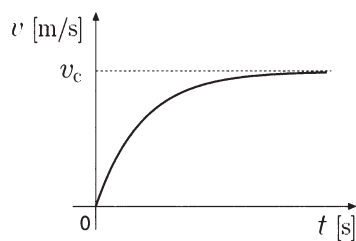


図 2 導体棒の速度 v [m/s] の時間変化．

3. スイッチを S 側に接続した直後は，速度 v [m/s] は時間 t [s] に比例して増加する．その傾きは

$$\frac{\boxed{\text{イ}}}{mR}$$

で与えられる． $\boxed{\text{イ}}$ として適切な式を解答欄 $\boxed{\text{C}}$ に記せ．

4. 十分に時間がたつと，速度 v [m/s] は一定値 v_c [m/s] に達する．このとき，電池のする仕事率 P_B [W] と抵抗 R [Ω] での消費電力 P_R [W] が満たす関係式として正しいものを選び，解答欄 (1) に記せ．

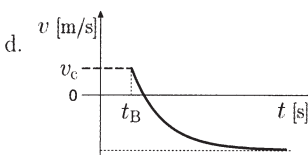
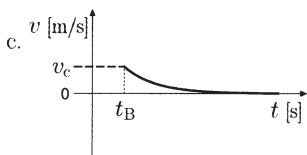
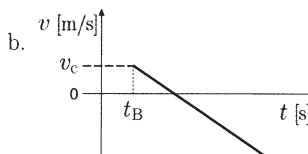
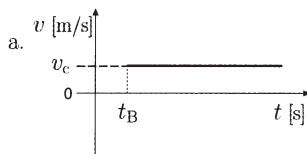
a. $P_B - P_R - mgv_c = 0$

b. $P_B - P_R + mgv_c = 0$

c. $P_B - P_R - \frac{1}{2}mv_c^2 = 0$

d. $P_B - P_R + \frac{1}{2}mv_c^2 = 0$

5. 導体棒の速度が v_c [m/s] に達したのち，時刻 $t = t_B$ [s] にスイッチを **S** から **T** に切り替えた． $t = t_B$ [s] 以降に，導体棒の速度 v [m/s] はどのように時間変化するか．以下のグラフの中から適切なものを選び，解答欄 (2) に記せ．



PART II

図3に示すように、剛体のある軸のまわりに回転させる力のはたらきは、力の大きさ F [N] と、回転軸から作用線までの距離（うでの長さ） h [m] との積、 Fh [N・m] で決まる。これを力のモーメントとよぶ。身の周りのものの多くは、剛体とみなすことができるので、このような考え方の応用範囲は非常に多い。以下でいくつかの例をみてみよう。

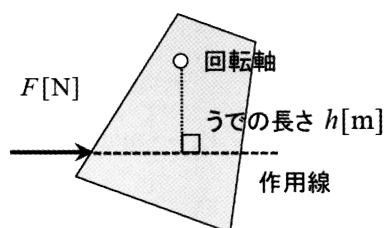


図3 剛体にはたらく力のモーメント

図4のように、画びょう1個を用いて、はがきを掲示板に掲示することを考えよう。適当に画びょうをさすと、掲示板にさした瞬間に、画びょうを軸としてはがきがくると回転してしまうことがある。ところが、特別な点（点Pとする）が1点あり、その点に画びょうをさすと、はがきがどのような向きであったとしても回転しない。この点Pは、ウとよばれる。力学的には、点Pに、はがきの全質量が集まっていると考えることができる。

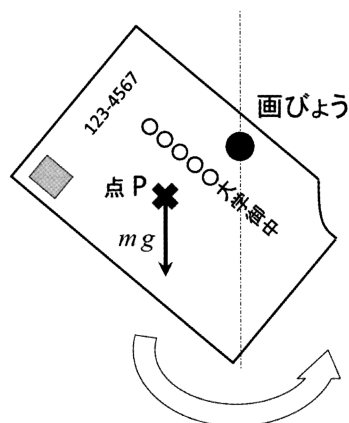


図4 画びょう1個を用いて、掲示板に掲示されたはがき

今、はがきの点P以外の場所に画びょうをさし、適当な向きで、掲示板にさした場合を考えると、図4のように、点Pに及ぼされる重力による、画びょうのまわりの力のモーメントを考えることができる。

6. ウに入る適切な言葉を解答欄 D に記せ。

力のモーメントは、回転させるはたらきの向きによって正負の符号をつけて区別する。ここでは反時計回り（左回り）を正とする。すると、力のモーメントの符号は、点Pが画びょうを通る鉛直線の右側にあるときに負、左側にあるときに正となる。これより、くると回転をはじめたはがきは、やがてあるつり合いの位置に収まって、そこで安定した向きでとどまることがわかる。

はがきの形状が円や長方形で、材質も均一であれば点Pの位置は明らかである。はがきの形状が非対称であったり、材質が不均一だったりする場合、点Pの位置は明らかではないが、画びょうの位置を変えてはがきを掲示板に掲示する「試行」をくり返すことによって、必ず点Pの位置を定めることができる。なお、はがきは、つり合いの位置に至るまで、画びょうのまわりを回転することができるとする。

7. どのようなはがきに対しても、点Pの位置を定めることができるために必要最小限の「試行」回数は何回か。適切なものを選んで解答欄

(3)

 に記せ。

- a. 2回
- b. 3回
- c. 4回
- d. 6回

次に、椅子などについているキャスターを考える。その構造を横から見ると、図5(a)のように、旋回軸の延長線上からずらした位置に車輪が取り付けられていることがわかる。この特徴的な構造のために、キャスターのついた椅子を、動かしたい方向に自然に動かすことができる。図5における点Aは車輪と地面との接地点で、キャスターはこの点で地面から進行方向と逆向きの摩擦力を受ける。キャスターの進行方向は矢印で表されている。

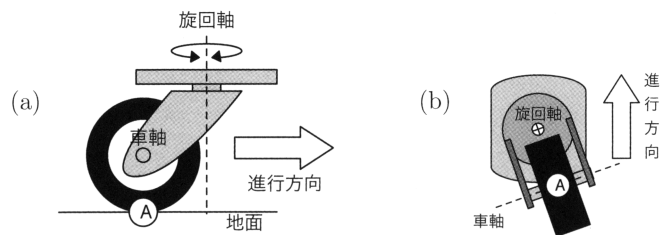
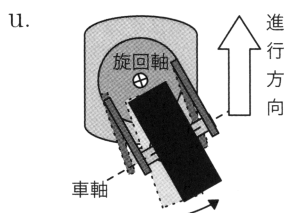


図5 (a) 横から見たキャスター (b) 下から見たキャスター (矢印は進行方向, 点Aは接地点を表す.)

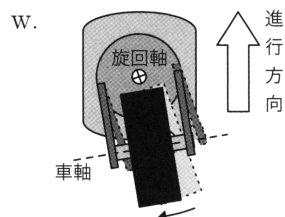
前例のはがきと図 5(b) の例を比べてみると、はがきの画びょうと図 5(b) の が、また、はがきの点 P と図 5(b) の が、それぞれ対応する。また、図 5(b) で、矢印の向きに進むにしたがって、キャストは のように動く。

8. , , および に入る適切な組み合わせを選び、解答欄 に記せ。ただし、 に関しては、下記の図 u, w から選べ。

- | | | | |
|----|---------|---------|-----|
| a. | エ：接地点 A | オ：旋回軸 | カ：u |
| b. | エ：旋回軸 | オ：接地点 A | カ：u |
| c. | エ：接地点 A | オ：旋回軸 | カ：w |
| d. | エ：旋回軸 | オ：接地点 A | カ：w |



白矢印の向きに進むにしたがって、車輪は反時計回りに旋回する。



白矢印の向きに進むにしたがって、車輪は時計回りに旋回する。

自動車や自転車のハンドルは、キャスターと同様、自由に動くように作られている。もし走行中にくるくると勝手にハンドルが回ってしまうと大変危険だが、そのようなことは起こらず、走行中はハンドルは安定している。実は、これはキャスターと同じ仕組みによる。

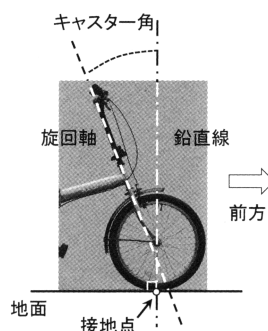


図 6 自転車の前輪部

自転車では旋回軸（操舵軸）は図 6 のように鉛直方向に対して傾いて取り付けられている。旋回軸と鉛直方向の間の角度はキャスト角とよばれる。

旋回軸をそのまま地上に伸ばした点と車輪の接地点を比べると、接地点のほうが後方にある。接地点では摩擦力がはたらく。車輪の向きが進行方向からずれると、摩擦力によるモーメントが旋回軸のまわりにはたらく。キャスト角が大きくなると、モーメントは ，ハンドルのぶれに対する自転車の直進安定性は 。なお、ここでは自転車の車体自体が横に倒れる可能性は考えない。

9. , に入る組み合わせとして適切なものを選び、解答欄 に記せ。

- a. キ：大きくなり ク：低くなる
- b. キ：大きくなり ク：高くなる
- c. キ：小さくなり ク：低くなる
- d. キ：小さくなり ク：高くなる

現実の自転車では、ここで考えたキャスターの仕組み以外にもさまざまな効果によってその安定性が保たれている。

PART III

2015年4月12日の明け方、東京都内のJR線路内で、架線支柱が倒壊した事故があった。倒壊というのは、支柱の根元を軸（支点）として、架線支柱が回転したということである。はじめに倒壊した架線支柱は、支線の端をとめておくための支柱（図7(a), (b)の右側の支柱R）である。JR東日本の報告書によると、通常は図7(a)のように地面近くで固定すべき支線rの端を、この日は、図7(b)のように $L = 1.9\text{ m}$ の高さに固定していた。支線rは支柱Rを引っ張り、支柱Rを根元（図7(b)で白丸で示されている点Y）のまわりに回転させる力のモーメントを及ぼす。力のモーメントは、うでの長さが長くなると、それに比例して大きくなる。支線rが高い位置に固定してあったために、モーメントが想定以上に大きくなってしまい、支柱Rの倒壊を招いたと考えられる。

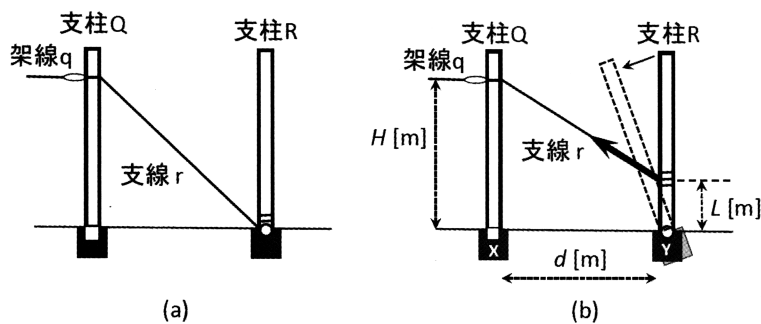


図 7 (a) 支柱を固定するための計画 (b) 実際の配置

まず，右側の支柱 R の根元の点 Y のまわりにはたらく力のモーメントを求める．図 8 に示すように，支線 r が支柱 R に及ぼす力の大きさは， F [N] であり，その向きは支線 r の方向に沿う．支線 r を支柱 R に固定する高さを L [m]，支線 r が支柱 R，Q となす角は θ である．支線にたるみはない．また，2 本の支柱は間隔 d [m] で，鉛直に立てられているとする．支柱の太さは無視してよい．

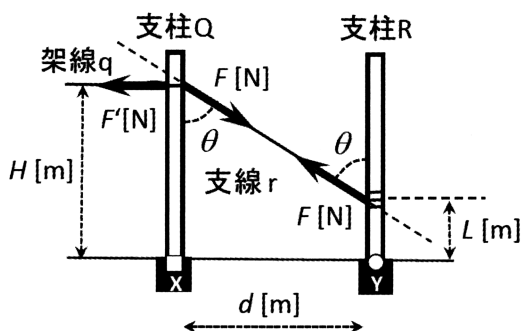


図 8 架線および支線が支柱に及ぼす力

10. 点 Y のまわりの力のモーメントとして正しいものを選び，解答欄

(6)

 に記せ．
- a. FL
 - b. $FL \cos \theta$
 - c. $FL \sin \theta$
 - d. $FL \tan \theta$

次に、左側の支柱 Q におけるつりあいを考えよう。図 8 に示すように、支柱 Q に対して架線 q が及ぼす力の大きさを F' [N]、支線 r が及ぼす力の大きさを F [N] とする。力がはたらく方向はそれぞれの線の方向に沿っている。架線 q は高さ H [m] のところに水平方向に張られている。

支柱 Q においてつりあいが成立しているとき、 F と F' の間には ケ という関係が成り立つ。また、架線 q と支線 r が及ぼす、支柱 Q の根元（点 X、図の白い四角）のまわりの力のモーメントの合計は コ である。

11. ケ および コ に入る適切な組み合わせを選び、解答欄 (7) に記せ。ただし、点 X のまわりに力のモーメントが反時計まわりにはたらくときを正とする。

a. ケ : $F \cos \theta = F'$ コ : $(F' - F \sin \theta)H$

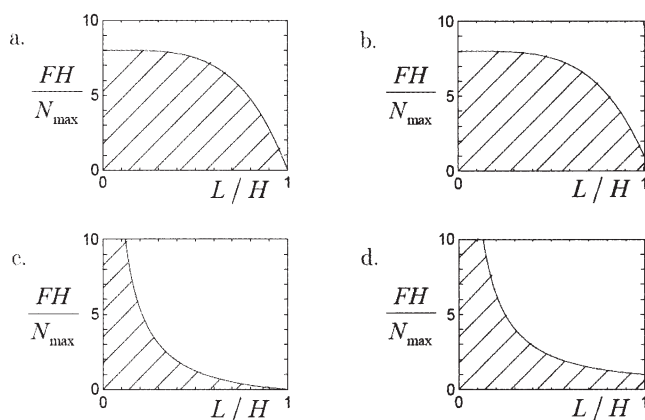
b. ケ : $F \sin \theta = F'$ コ : $(F' - F \cos \theta)H$

c. ケ : $F \cos \theta = F'$ コ : $(F' - F \cos \theta)H$

d. ケ : $F \sin \theta = F'$ コ : $(F' - F \sin \theta)H$

支線 r を固定する高さ L [m] は $0 \leq L \leq H$ を満たすとする．点 Y のまわりの力のモーメントの大きさがある一定値 $N_{\max}$ [N・m] を超えるときに右側の支柱 R が倒壊する．逆に，点 Y のまわりの力のモーメントの大きさが $N_{\max}$ [N・m] を超えなければ，支柱 R は倒れない．

12. グラフの横軸に支線 r の固定点の高さ L [m] と架線 q の高さ H [m] の比， $\frac{L}{H}$ ，縦軸に支線 r が支柱 R に及ぼす力の大きさ F [N] と $\frac{N_{\max}}{H}$ の比， $\frac{FH}{N_{\max}}$ ，をとり， L を変化させたときに，支柱 R が倒れない領域を斜線で示す．このとき，グラフとして適切なものを選び，解答欄 (8) に記せ．ただし，ここでは $H = d$ とする．また，点 Y を中心として倒れる可能性のみ考え，ほかの可能性（土台ごとぬけるなど）は考えない．



参考資料

東日本旅客鉄道会社「山手線 神田・秋葉原駅間 電化柱が倒壊し線路を支障した 重大インシデントに関する緊急点検結果と当面の対策について」2015 年 5 月 8 日 の内容を改変して使用している．

(このページは空白です。)

化 学

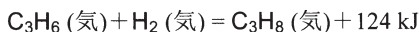
PART I ～ PART III の問題があります。マークセンス方式の解答欄(1)～(10) および記述方式の解答欄 A ～ C を使って、あなたの答えを示しなさい。

必要であれば次のデータを用いなさい。

原子量 水素：1，炭素：12，酸素：16

PART I

平衡状態にある次の反応について、以下の問いに答えなさい。



この反応について、以下のような実験操作を行った。

- (イ) 温度と圧力が一定の条件で、 C_3H_6 (気)の濃度を上げる。
- (ロ) 温度と圧力が一定の条件で、 Ar (気)を加える。
- (ハ) 温度と圧力が一定の条件で、 H_2 (気)の濃度を上げる。
- (ニ) 温度と圧力が一定の条件で、パラジウム粉末を加える。
- (ホ) 温度と体積が一定の条件で、 N_2 (気)を加える。
- (ヘ) 圧力一定の条件で、温度を上げる。

1. この反応において、平衡が左に移動する操作は次のうちどれか。正しい組み合わせを選び、解答欄

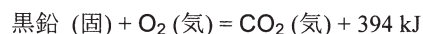
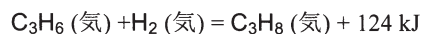
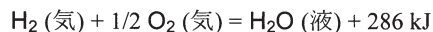
(1)

 に記せ。
- a. (イ) (ハ)
 - b. (ロ) (ヘ)
 - c. (ハ) (ニ)
 - d. (ホ) (ヘ)

2. この反応において，平衡が移動しない操作は次のうちどれか．正しい組み合わせを選び，解答欄 (2) に記せ．

- a. (イ) (へ)
- b. (ロ) (ホ)
- c. (ハ) (へ)
- d. (ニ) (ホ)

反応容器に C_3H_8 (気) と酸素を入れ、一定の温度 (25°C) と圧力 ($1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$) 下で C_3H_8 (気) を完全燃焼させた。ただし、 C_3H_8 (気) の燃焼以外の反応はおこらないと仮定する。



3. 2 mol の C_3H_8 (気) を燃焼させたときに発生する燃焼熱と同量の熱量を、水素の燃焼により発生させるには、標準状態の水素は何 L 必要となるか。もっとも近い値を選び、解答欄 に記せ。

- a. 87
- b. 174
- c. 348
- d. 695

4. C_3H_6 (気) の生成熱を求め、解答欄 に記せ。

PART II

次に示す金属イオン (Ag^+ , Pb^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+} , Zn^{2+}) のうち、2種類の金属イオンと、 Cu^{2+} イオンとが含まれている水溶液Aがある。この中に含まれている金属イオンを明らかにするために、以下に示すような無機定性分析実験をおこなった。

実験操作 1 として、水溶液 A に塩酸を加えたところ、白色沈殿が得られたので、白色沈殿をろ別した。なお、この白色沈殿は熱水に可溶であることを確認した。実験操作 2 では、このろ液に対して、硫化水素を加えたところ、黒色沈殿が得られたので、この黒色沈殿をろ別し、ろ液に含まれている硫化水素を完全に除いた。実験操作 3 では、このろ液を中性としたのち、アンモニア水を加えたところ、白色沈殿が生成した。この沈殿に過剰のアンモニア水を加えると沈殿は溶解した。

続いて、硫酸ナトリウム、炭酸ナトリウム、硝酸ナトリウム、水酸化ナトリウムのうち、いくつかの化合物がそれぞれ 0.1 mol/L の濃度で含まれている水溶液 B の分析を行うこととした。まず、水溶液 B に酸性となるまで 0.1 mol/L の塩酸を加えたが、目視では特に変化はみられなかった。一方、塩化バリウムを加えたところ、白色沈殿の生成がみられた。また、塩化マグネシウムを加えたところ、白色沈殿が生成した。

5. Cu^{2+} イオン以外に水溶液 A に含まれている金属イオン 2 種類を解答欄

B

 に記せ。

6. 水溶液 B に含まれていないと確定できた化合物を選び、解答欄

(4)

 に記せ。

- a. 硫酸ナトリウム
- b. 炭酸ナトリウム
- c. 硝酸ナトリウム
- d. 水酸化ナトリウム

7. 水溶液 A と水溶液 B を混合したところ、青白色の沈殿が得られた。この青白色の沈殿として、もっとも適切なものを選び、解答欄

(5)

 に記せ。

- a. 水酸化銅
- b. 硫酸銅
- c. 炭酸銅
- d. 硝酸銅

3 種類のハロゲン化物の塩 AX , BX_2 , CX がある。ある温度におけるこれらの塩の溶解度積が、それぞれ、 4.0×10^{-16} , 4.0×10^{-18} , 1.0×10^{-14} であるとき、以下の問いに答えなさい。

8. 0.1 mol/L の NaX 水溶液に対する溶解度が高い（溶けやすい）順に並べたものを選び、解答欄 (6) に記せ。このとき、 X^- イオンの濃度は、溶かした塩の量によらず、一定 (0.1 mol/L) であるとする。

- a. CX , AX , BX_2
- b. BX_2 , CX , AX
- c. AX , CX , BX_2
- d. BX_2 , AX , CX

9. 水に対する溶解度が高い（溶けやすい）順に並べたものを選び、解答欄 (7) に記せ。

- a. CX , AX , BX_2
- b. BX_2 , CX , AX
- c. AX , CX , BX_2
- d. BX_2 , AX , CX

PART III

有機化合物は、古来より人間生活の様々な場面で活用されてきた。例えば、色素や、洗剤などがあげられる。また、食物中の糖やタンパク質も有機化合物である。化学の発展に伴い、自然界にある有機化合物を活用するという段階から、人間が人工的に新たな有機化合物を合成し、活用するという段階へ移行してきた。我々が日常的に使用している医薬品や、プラスチック材料や、電子材料などが、その例である。このような化学物質は有機化学反応を巧みに活用して合成されるものであり、このような分野を有機合成化学とよんでいる。

有機合成化学では、目的化合物を合成するにあたって何段階もの反応を組み合わせている。そして、目的化合物の合成の達成は偶然に頼るのではなく、緻密に設計された合成経路に従って合成をしていく。例えば、インフルエンザの特効薬として知られるタミフル®(図1)はシキミ酸という物質を出発原料として、10段階を越える有機化学反応を駆使して合成されている。なお、タミフル®の合成方法は世界中の研究者によって今も研究されており、米国ハーバード大学のコーリー教授や、東京大学の柴崎正勝教授、福山透教授らによってより効率的な合成法が報告され、2013年には東北大学の林雄二郎教授が7段階の効率的な合成に成功している。

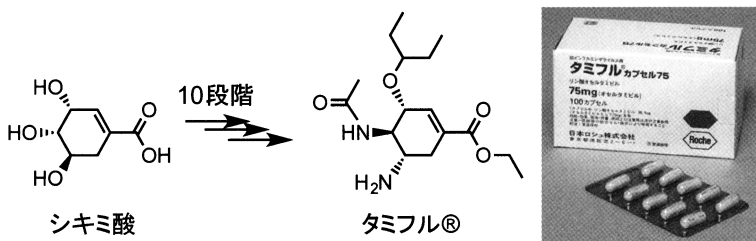
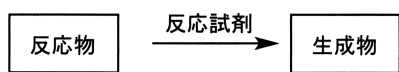


図1 タミフル®(*1)と原料のシキミ酸

これらの研究においては、目的物質から順にさかのぼって、どのような出発物質から合成するかを考え、どのような有機化学反応を利用するかを考える。このような考え方を「逆合成」とよんでいる。通常の化学反応の反応式では、反応物を左に、生成物を右に描き、これらを矢印→で結ぶが、逆合成の反応式では、生成物を左に、反応物を右に描き、二重矢印⇒で結ぶ（図2）。

通常の化学反応式



逆合成の化学反応式

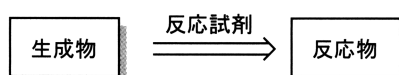


図2 通常の化学反応式と逆合成で用いられる化学反応式

以下は、多段階反応と逆合成に関する問題である。以下の問いに答えよ。

10. エタノールを出発原料とし、図3に示すルートを用いて、ポリ塩化ビニルを合成する。まず、エタノールに対して濃硫酸を170℃で作用させ、(ア)を合成したのち、(ア)に対して塩素を付加させ(イ)とした。(イ)を加熱して、塩化ビニルとしたのち、塩化ビニルを付加重合させてポリ塩化ビニルを得た。

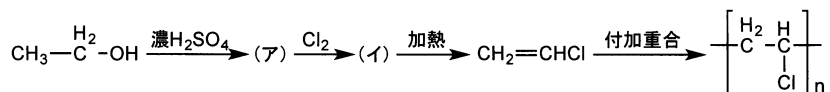


図3 ポリ塩化ビニルの合成ルート

(ア)、(イ)にあてはまる化合物の組み合わせとして正しいものを選び、解答欄 **(8)** に記せ。

- | | |
|-----------------|-----------------|
| a. (ア) エチレン | (イ) 1,2-ジクロロエタン |
| b. (ア) エチレン | (イ) クロロエタン |
| c. (ア) ジエチルエーテル | (イ) 1,2-ジクロロエタン |
| d. (ア) ジエチルエーテル | (イ) クロロエタン |

11. 解熱鎮痛剤として、現在も広く用いられているアセトアミノフェン（図 4）は無水酢酸を用いて、*p*-アミノフェノールをアセチル化することにより合成している。これはアニリンからアセトアニドを合成する反応の応用である。アセトアミノフェンの化学構造式を解答欄 C に記せ。



図4 アセトアミノフェンを含む鎮痛剤（＊2）

12. ベンゼンを出発原料として、以下に示す手順に従ってアスピリン（図 5）を合成することにした。

ベンゼンに a. 硫酸を作用させて、化合物 A としたのち、化合物 A に b. 固体の水酸化ナトリウムを用いてアルカリ融解を行い、化合物 B とした。化合物 B に対して、c. 高压で二酸化炭素を作用させたのち、酸で中和して化合物 C とした。化合物 C に d. 無水酢酸を作用させてアスピリンを合成するルート考えた。



図5 アスピリンを含む鎮痛剤（＊3）

しかし、a.～d.のうち、ある実験操作を忘れてしまったため、アスピリンは得られず、代わりに酢酸フェニルが得られてしまった。忘れてしまった実験操作として、考えられるものを選び、解答欄 (9) に記せ。

- a. 硫酸を作用させる。
- b. 固体の水酸化ナトリウムを用いてアルカリ融解を行う。
- c. 高压で二酸化炭素を作用させる。
- d. 無水酢酸を作用させる。

アゾ染料として用いられている *p*-ヒドロキシアゾベンゼンを合成するため、逆合成を計画し、図 6 に示すような逆合成ルートを考えた。

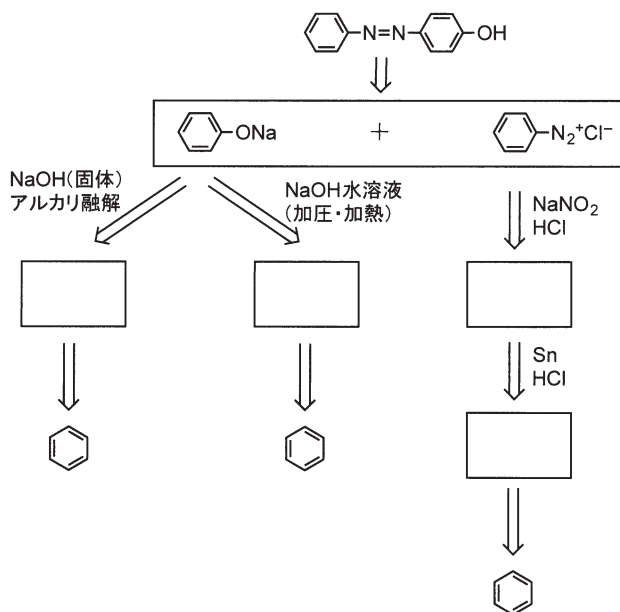


図 6 *p*-ヒドロキシアゾベンゼンの逆合成ルート

13. この逆合成ルートを参考にして、*p*-ヒドロキシアゾベンゼンを合成する際に、2 つの化合物を出発原料として選択した場合、以下の組み合わせの中から適切なものを選び、解答欄 (10) に記せ。

- a. クロロベンゼンとニトロベンゼン
- b. 安息香酸とフェノール
- c. トルエンとアニリン
- d. クメンとフェノール

(※ 1) 中外製薬株式会社

ウェブページ <http://chugai-pharm.jp/hc/ss/pr/drug/news/details/1402919214666/1.html> より

(※ 2) 株式会社アラクス ウェブページ <http://www.arax.co.jp/seihin/index.html#g02> より

(※ 3) ライオン株式会社 ウェブページ <http://www.bufferin.net> より

(このページは空白です。)

生 物

PART I ～ PART III の問題があります。マークセンス方式の解答欄(1)～(8)および記述方式の解答欄 A ～ E を使って、あなたの答えを示しなさい。

PART I

減数分裂に関する以下の文章を読み、問いに答えよ。

下図は減数分裂の様子を模式的に表したものである。

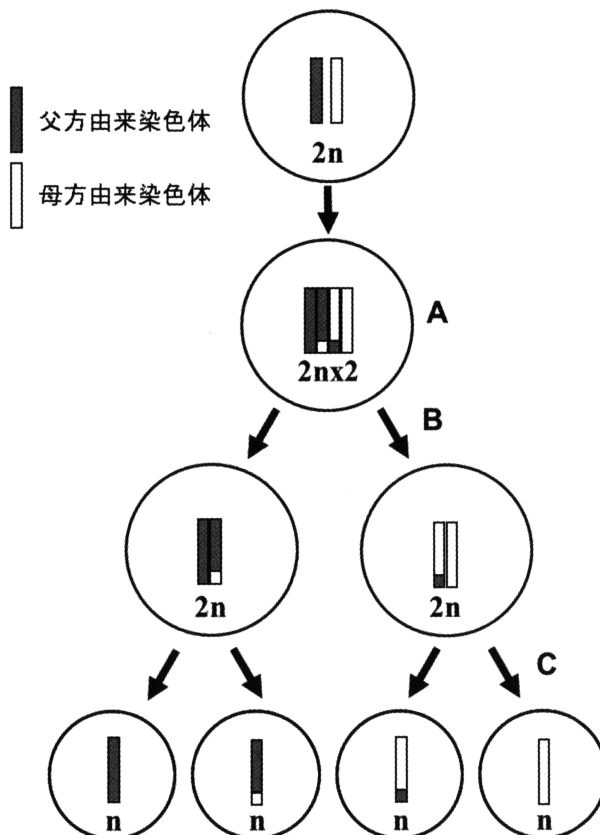


図1 減数分裂の模式図（簡単のため1組の相同染色体のみを示してある）

まず父方および母方由来の相同染色体は、DNA複製によってそれぞれ2本ずつの姉妹染色分体となる(図1のA)。このとき体細胞分裂とは異なり、各相同染色体が(ア)し、その際に非姉妹染色分体の間に(イ)が起こる。その結果、父方および母方由来の染色体の間で遺伝子の(ウ)が起こる。減数第1分裂(図1のB)では相同染色体同士が両極に分離して中間期2倍体細胞ができる。さらに減数第2分裂(図1のC)ではDNA複製を伴うことなく、体細胞分裂と同じように(エ)が両極に分離して細胞分裂が起こり、その結果合計4個の半数体細胞ができる。

さて、減数分裂の際に同一の染色体上に存在する2つの遺伝子は通常、遺伝的に行動をともにする。この現象を(オ)という。しかしながら、各相同染色体間で少なくとも1回の(イ)が起こると言われており、もし相同染色体間において(イ)が2つの遺伝子間に1回起これば、後代において、その2つの遺伝子(およびそれらによって担われる形質)が(オ)しない個体が現れる。このとき(イ)が染色体上のどこでも均一に起こると仮定すれば、(ウ)が起こる確率は染色体上の2つの遺伝子がどのくらい離れているかに比例するはずである。米国の遺伝学者モルガン(実際は弟子のスターテバント)は、このような考えに基づき、キイロショウジョウバエのさまざまな突然変異体を用いて、それらの形質に関わる遺伝子(座)を染色体上に位置づけ、世界ではじめて(カ)を作成した。このとき、同一染色体上の遺伝子(座)間の長さを遺伝距離という。しかしながら、(イ)の起こる頻度は実際には染色体上で均一ではないため、遺伝距離はあくまでも遺伝子(座)間の相対的な位置関係を示すものであり、その間の塩基配列の長さ、すなわち物理距離とは一致しない。

1. 上の文章の(ア)～(エ)に当てはまる用語として適切な組み合わせを下記から選び、解答欄 (1) に記せ。

- | | | | | |
|----|--------|---------|---------|-------------|
| a. | (ア) 対合 | (イ) 乗換え | (ウ) 組換え | (エ) 姉妹染色分体 |
| b. | (ア) 交差 | (イ) 乗換え | (ウ) 組換え | (エ) 非姉妹染色分体 |
| c. | (ア) 交差 | (イ) 組換え | (ウ) 乗換え | (エ) 相同染色体 |
| d. | (ア) 対合 | (イ) 組換え | (ウ) 乗換え | (エ) 非姉妹染色分体 |

2. 上の文章で(オ)に当てはまる用語を解答欄 A に記入せよ。

3. 上の文章で(カ)に当てはまる用語を解答欄 B に記入せよ。

植物の突然変異体に関する以下の文章を読み、問いに答えよ。

ほとんどの生物のゲノム中には、「動く遺伝子」トランスポゾンが存在し、ゲノム中のある位置から他の位置に転移することが知られている。トランスポゾンの中には、逆転写酵素(RNAを鋳型にしてDNAを合成する酵素)の遺伝子をもち、mRNAに転写され、さらにそれを逆転写してDNAに変え、ゲノムの別の位置に挿入するタイプのものがあり、レトロトランスポゾンとよばれている。レトロトランスポゾンは、もとの位置に自分自身を残したまま、ゲノム中に自らのコピーを増やしていく(図2)。

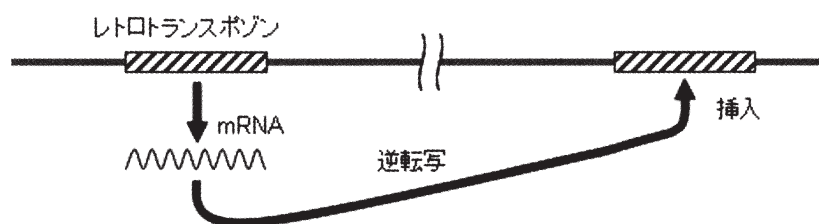


図2 レトロトランスポゾンの転移の様子

いくつかの植物種では、ある条件の下でレトロトランスポゾンの転移を活性化し、これを利用して人為的に突然変異を誘発することができる。つまり、レトロトランスポゾンが転移した結果、たまたまある機能をもった遺伝子の中に挿入されてしまうと、その遺伝子の機能が損なわれてしまうのである。図3はある遺伝子Aの中にレトロトランスポゾン(約5,000bp, bpは塩基対すなわち塩基配列の長さの単位)が挿入された結果、遺伝子Aの機能が損なわれてしまう様子を示している。

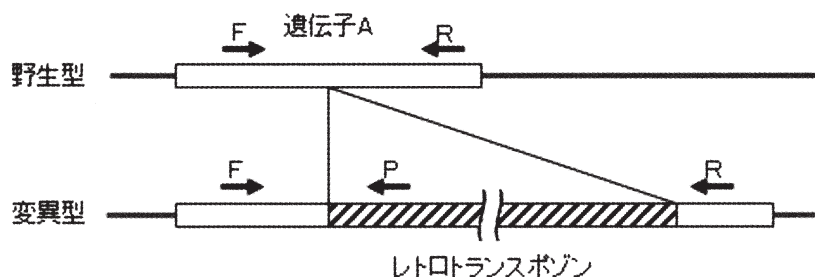


図3 野生型の遺伝子Aとレトロトランスポゾンが挿入された変異型の遺伝子A

さて、レトロトランスポゾンの転移を活性化した個体(M0)を自家受粉させてできた種子を発芽生育させたM1個体集団の中に、たまたまある遺伝子Aにレトロトランスポゾンが挿入された変異型の個体が見いだされた。このM1個体では、2本ある相同染色体のうち一方の染色体上の遺伝子Aにのみレ

N-生物

トロトランスポゾンが挿入されている。すなわちこのM1個体は、機能を失った変異型の遺伝子Aと野生型の遺伝子Aをとともにもつヘテロ接合体となる。そこでこのM1個体を自家受粉させて作成したM2植物から9個体を選び、葉の一部からゲノムDNAを採取して、図3に矢印で示した各位置のプライマーを用いて2回のPCR（プライマーFとR、プライマーFとP）を行い、増幅産物をアガロースゲル電気泳動で分離した。その結果は図4のようになった。野生型の遺伝子Aにおいて、プライマーFとRで増幅されるDNA断片の長さは683bp、レトロトランスポゾンの挿入がある場合にプライマーFとPで増幅されるDNA断片の長さは465bpであることがわかっている。なお、レトロトランスポゾンが挿入されている場合に、FとRのプライマーの組み合わせで、5,000bp以上のDNA断片がわずかに増幅されてくることがあるが、図4には示していない。この電気泳動の結果から、M2世代における遺伝子Aの変異型ホモ接合体、変異型と野生型のヘテロ接合体、野生型ホモ接合体を判別することができる。

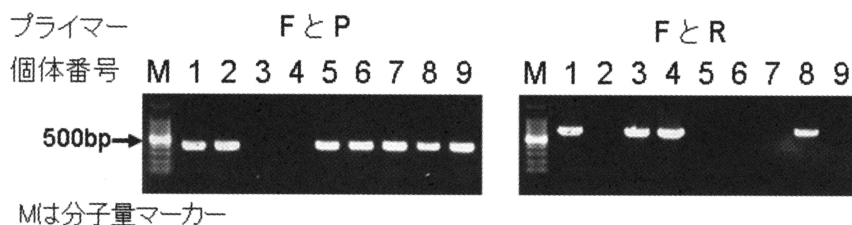


図4 M2世代の9個体のPCR増幅産物の電気泳動の結果(分子量の小さいものが下方に流れる)

4. 変異型遺伝子Aのホモ接合体と考えられる個体番号をすべて、解答欄 に記せ。 答えが複数の場合は、解答欄にすべてマークすること。
5. 変異型遺伝子Aと野生型遺伝子Aのヘテロ接合体と考えられる個体番号をすべて、解答欄 に記せ。 答えが複数の場合は、解答欄にすべてマークすること。
6. 十分に多数のM2植物について調べたとき、変異体ホモ、ヘテロ、野生型ホモ各接合体が出現する頻度は下記のどれに近くなるか。解答欄 に記せ。

- a. 1 : 4 : 1
- b. 1 : 3 : 1
- c. 1 : 2 : 1
- d. 1 : 1 : 1

PART II

生態系に関する以下の文章を読み、問いに答えよ。

地球上では、生物と無機的な環境が、複雑に相互に関わり合いながら、生態系を構成している。一般的な陸上の生態系では、食物連鎖の栄養段階において生産者とよばれる光合成植物が、太陽光と水と二酸化炭素を利用して光合成を行い、炭水化物を合成する。それを植食性動物が食べ、さらに植食性動物を肉食性動物が食べる、というように食物連鎖がつながってゆく。

7. 上記の文章中の「植食性動物」は、食物連鎖の栄養段階で何とよばれるか。あてはまる用語を解答欄

C

 に記入せよ。

8. 下記の(ア)～(エ)の生態系に関する4つの文のうち、適切な文の組み合わせを選び解答欄

(5)

 に記せ。

- (ア) 自然界の生態系では生存競争が激しく、植食性動物は攻撃能力が低いいため絶滅危惧種になりやすい。
- (イ) 「食う・食われるの関係」は、自然の生態系では多様な生物が複雑に網の目のように相互の関わりを持ってつながり、「食物網」とよばれる関係を構成している。
- (ウ) 食物連鎖において、栄養段階の高い種ほど個体数が少ない傾向を示す。
- (エ) 光合成植物の作り出す有機物のうち、ほとんどが植食性動物に消費される。

- a. (ア) と (イ)
- b. (イ) と (ウ)
- c. (ウ) と (エ)
- d. (エ) と (ア)

生態系の中の複雑な生物間の関係は、自然界の生態系で解析することはむずかしい。そこで、生態系を解析するために次のような単純なモデル系を使った実験が行われた。

実験に使われたのは、同じマメを餌とする2種の甲虫の仲間、ゾウムシA種とゾウムシB種、およびこの2種を寄主としてゾウムシの幼虫に卵を産み付けて自分の幼虫の餌にしてしまう寄生蜂の3種の昆虫である。なお、ゾウムシA、B、および寄生蜂とも、1か月程度で世代交代する。また、寄生蜂は、成虫になってから死ぬまでに何回も産卵することが可能である。

最初に実験1として、羽化後の寄生蜂を、ゾウムシAかゾウムシBのどちらかの寄主が入った容器に加えて、24時間、48時間、それぞれで事前飼育して産卵させた。その後、その寄生蜂を、ゾウムシAとゾウムシBの両方が1:1の割合で入っている容器に入れ、一定時間産卵させてゾウムシAとゾウムシBとのそれぞれに産卵した寄生蜂の卵数を数えたところ、図5のような結果が得られた。

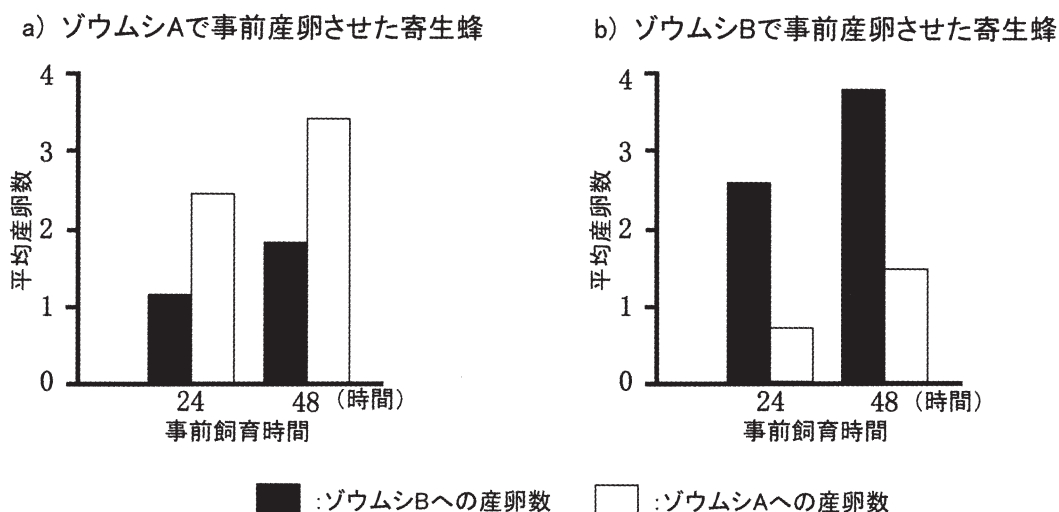


図5 寄生蜂の産卵経験がその後の産卵傾向に与える影響

9. 寄生蜂に関する下記の4つの文のうち、実験1の結果の説明として最も適切な文を選び、解答欄

(6) に記せ.

- a. 産卵した経験を記憶して、次に、記憶した寄主をより好んで産卵をする.
- b. 産卵した経験を記憶して、すでに産卵した寄主に二重に産卵してしまうことを避けるために、記憶していない寄主をより好んで産卵をする.
- c. 産卵経験に関係なく、どちらの寄主に対してもえり好みせずに産卵を行う.
- d. 産卵経験に関係なく、遺伝的により好んで産卵する寄主が決まっている.

次に、実験2として、2種のゾウムシだけを一緒に、餌となるマメを常にほぼ一定量となるように消費分を追加しながら飼育した. その結果、餌のマメをめぐって競争が起こり、ゾウムシAとゾウムシBの個体数は図6のように変動し、ゾウムシBは死滅した.

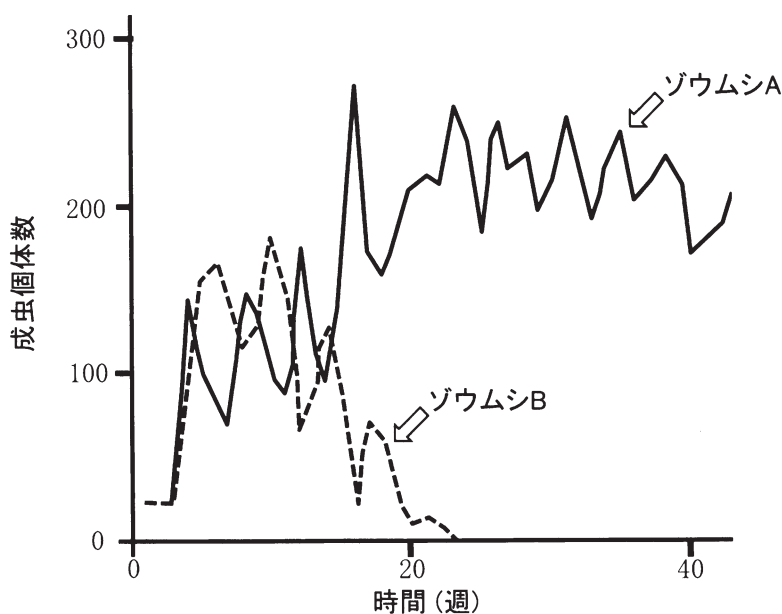


図6 ゾウムシ2種を一緒に飼育した場合の個体数変動

実験3として、あらたに実験2の系に寄生蜂を加えて三者系を作り、ゾウムシA, Bの餌となるマメを常にほぼ一定量となるように消費分を追加しながら飼育したところ、図7のような個体数の変動が見られた.

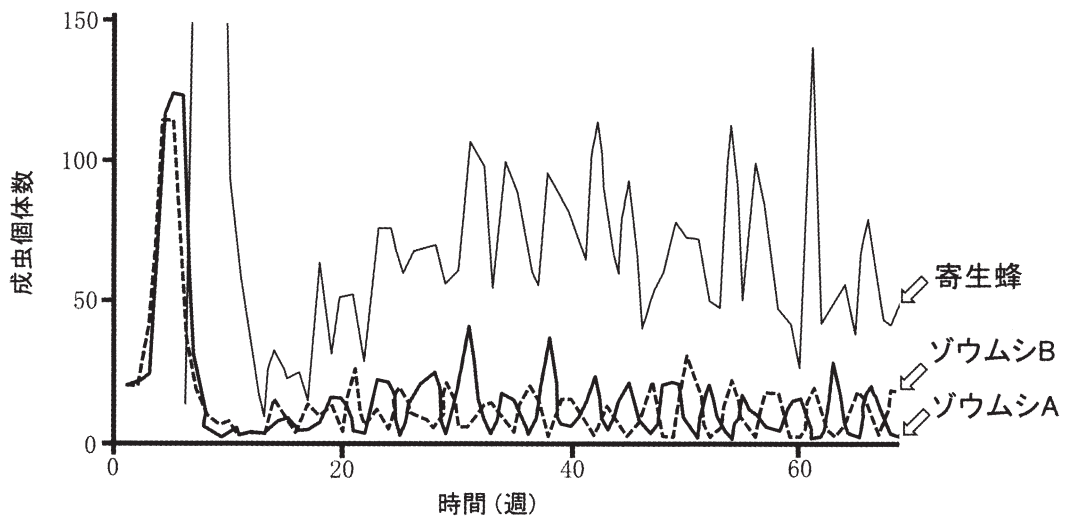


図7 寄生蜂とゾウムシ2種を一緒に飼育した場合の個体数変動

10. 下記（ア）～（エ）の4つの文のうち，実験1，2，3の結果の説明として適切な文の組み合わせを選び解答欄 に記せ．

- （ア） 寄生蜂は，一方の寄主ゾウムシAをより好んで産卵する傾向があるため，ゾウムシAの個体数の増減にやや遅れて，捕食者である寄生蜂の数が増減した．
- （イ） ゾウムシAとゾウムシBの二者間では，ゾウムシAの方がゾウムシBよりも優勢であったが，天敵である寄生蜂がいると，優勢で数が多いゾウムシAがより多く寄生されるために，逆にゾウムシAが死滅に向かったと考えられた．
- （ウ） 寄生蜂は，最初に産卵した寄主を好んでその寄主に産卵する傾向があるため，常に産卵を始める時点で数が多い方の寄主が寄生されて数が抑制された．
- （エ） ゾウムシAとゾウムシBの二者間では，ゾウムシAの方がゾウムシBよりも優勢でゾウムシBが死滅したが，寄生蜂がいることによってゾウムシAとゾウムシBの数が制御され，ゾウムシBが死滅せずに三者系が長期間維持された．

- a. （ア）と（イ）
- b. （ア）と（エ）
- c. （イ）と（ウ）
- d. （ウ）と（エ）

参考資料

Ishii, Y. and Shimada, M. (2012) *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.*, **109**: 5116–5120.

N-生物

PART III

動物の行動に関する以下の文章を読み、問いに答えよ。

自然界、動物園あるいは水族館において、さまざまな様式の動物の行動がみられる。動物の行動は大変興味深く、生物学研究者でなくても見入ってしまうことがある。動物行動学者のティンバーゲン(オランダ出身の動物行動学者。1973年にローレンツ、フォン・フリッシュとともにノーベル生理学医学賞を受賞)は、繁殖期のイトヨ(トゲウオの一種の淡水魚)の雄の攻撃行動についての研究を行った。イトヨの雄は、繁殖期に自分の縄張りをつくり、その縄張りの中に巣をつくる。そして、自分の縄張りの中に入ってくる他の雄に対しては攻撃を行い、産卵の準備のできた雌に対しては攻撃をしない。このような行動をとる雄を「縄張り雄」という。ティンバーゲンは、繁殖期の縄張り雄と同様に腹部が赤い色をした種々の形のイトヨの模型と、雌の体色と同じ色をしたイトヨの模型をつくり、縄張り雄の模型に対する反応をみた。その結果、縄張り雄は、模型の形に関係なく、腹部が赤い色をした模型に対して攻撃を行い、雌の体色の模型には攻撃を行わなかった。このことから、縄張り雄は腹部の赤い色を目印として雌雄の識別を行っていることが明らかとなった。

11. イトヨの攻撃行動のように、経験や学習がなくても生じる定型的な行動を何というか。

解答欄 に記入せよ。

12. イトヨの雄が他の雄の腹部の赤い色を認識すると攻撃行動が起こる。このような動物に特定の行動を引き起こす刺激を何というか。解答欄 に記入せよ。

ヒメダカの産卵行動についてみてみよう。ヒメダカの産卵行動は、「求愛」と「抱接」から成り立つ。ヒメダカの雄は、産卵の準備のできた雌に対して、雌の前をくるとまわる求愛を行い、その後、背びれと尻びれで雌をだきかかえる抱接を行う。雄の抱接中、雌は卵の放出(放卵)、雄は精子の放出(放精)を行い、卵が受精する。受精卵はしばらく雌の腹部に保持される。このような一連の産卵行動において、雄は産卵の準備のできた雌をどのように識別しているのだろうか。

これまでにいくつかの研究グループが、ヒメダカの産卵行動の視覚と嗅覚の関与について次のような実験を行っている。

- 1) ヒメダカの模型をつくって、雄のいる水槽にこの模型を入れてゆすると、雄はこの模型に対して求愛を行うが、抱接はしなかった。
- 2) 雄の鼻孔をのりでふさいで匂いをかけなくすると、この雄は産卵の準備のできた雌に対して求愛を行ったが、抱接はしなかった。
- 3) 産卵の準備のできた雌と黒いビニールシートを眼に貼って眼を見えなくした雄を水槽内に入れておくと、産卵が成立しないことが示された。

以下は、これらの実験の結果から、ヒメダカの産卵行動が成立するための機構として推測されることを記述している。

- (ア) ヒメダカの産卵が成立するために、雄は、視覚、嗅覚の両方を使って雌を識別している。
- (イ) 雄の求愛は、嗅覚が遮断されても視覚を使って行われていると考えられる。
- (ウ) 雄は、嗅覚で雌を識別して求愛し、視覚で確認をして抱接を行う。
- (エ) 雄の抱接が行われるには、嗅覚が必須である。
- (オ) 産卵の準備のできた雌は嗅覚で雄を識別している。

13. 上記の(ア)～(オ)の中で適切な記述はいくつあるか、下記の中から選び、解答欄

(8)

 に記せ。

- a. 1つ
- b. 2つ
- c. 3つ
- d. 4つ

参考資料

Egami, N. and Nambu, M. (1961) *J. Fac. Sci. Univ. Tokyo*, IV, 9: 263-278.

Ono, Y. and Uematsu, T. (1968) *Japan. J. Ecol.*, 18: 65-74.

(このページは空白です。)

(このページは空白です。)

(このページは空白です。)

解答上の注意

- 問題番号と解答欄番号は必ずしも一致しないので注意して下さい。
- 問題の文中の (1), (2) などには, 特別の指示がない限り, 文字 (a ~ d) または数字 (0 ~ 9) のいずれか一つが入ります。それらを解答カードの解答欄にマークして答えて下さい。
- 問題の文中の A, B などには, 記述式の解答が入ります。それらを解答カードの解答欄の枠からはみ出さないように, 明瞭に記入して下さい。
- 分数形で解答する場合は, それ以上約分できない形で答えて下さい。例えば, $\frac{2}{3}$ と答えるところを $\frac{4}{6}$ のように答えてはいけません。
- 根号を含む形で解答する場合は, 根号の中に現れる正の整数が最小となる形で答えて下さい。例えば, $6\sqrt{2}$, $\frac{\sqrt{17}}{3}$ と答えるところを, $3\sqrt{8}$, $\frac{\sqrt{68}}{6}$ のように答えてはいけません。

		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	
数 学	1つに マーク	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	A
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	B
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	C
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	D
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	E
物 理	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	