

試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。

令和 5 年度個別学力検査(前期日程)

総 合 問 題

試験時間 100 分

下記の解答方法に従って解答しなさい。

問題番号	科 目	解 答 方 法	ページ
問題 1	英 語	全員解答すること。	1～ 4
問題 2	物 理	左記の 4 題の中から 2 題を選択し、解答すること。	5～ 8
問題 3	化 学		9～12
問題 4	生 物		13～18
問題 5	数 学		19～21

注 意 事 項

- 1 解答用紙に、受験番号を忘れずに記入しなさい。
- 2 解答は、解答用紙の所定の欄に記入しなさい。
- 3 解答用紙には、裏、表にかかわらず、解答と受験番号のほかは、いっさい書き入れてはいけません。
- 4 本冊子の余白と、解答用紙についている白紙は、計算・下書き用のものです。
- 5 試験中に問題冊子や解答用紙の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁等に気づいた場合は、手を高く挙げて監督者に知らせなさい。
- 6 本冊子は、持ち帰りなさい。

問 題 訂 正

問題 3 (化 学) 10 ページ 上から 2 行目 問 1 4)

下記のとおり下線部分のように訂正する。

(誤) 下線部(C)について，この溶液を・・・

(正) 下線部(C)の反応によって得られた溶液を・・・

問題 4 (生 物) 14 ページ 最終行 問 1 4)

4) の説明文「・・・を参考に，試料 Y のバンドを描きなさい。」の

あとに，次の文を加える。

「ただし，X 遺伝子内部には，EcoRI が認識できる配列は存在しないものとする。」

解答用紙についての補足説明

問題 3 (化 学) 及び問題 4 (生 物) の解答欄は，解答用紙の表面と裏面の両面にあります。

問題 5 (数 学) の解答が解答用紙の表面で書ききれないときは，裏面の指定のスペースに書いてください。

問題 1 (英 語)

Read the text and answer the questions.

(著作権の関係上、公開できません)

(著作権の関係上、公開できません)

(著作権の関係上、公開できません)

Modified from

<https://www.sciencenews.org/article/invasive-jumping-worms-damage-soil-threaten-forests>

Questions

1. Change the underlined word (1) into the correct form.
2. Choose the most suitable word for blank (2) from the following.
attract / contain / examine / observe
3. Choose the most suitable word for blank (3) from the following.
what / when / where / why

4. Fill the blanks A-D in the underlined part (4) with the following words.
consume / grow / resemble / create
5. Put the words in the underlined part (5) in the correct order.
6. Choose the most suitable word for blank (6) from the following.
animal / plant / nutrient / soil
7. What is the most suitable word for blank (7)?
8. What is the most suitable word for blank (8)?
9. Choose the most suitable word for blank (9) from the following.
story / reason / work / sense
10. Fill the blanks A-D in the underlined sentence (10) with the following words.
ideas / research / environments / scientists
11. Put the words in the underlined part (11) in the correct order.
12. According to the text, are the following statements true or false? If the statement is true, circle the letter T on the answer sheet. If it is false, circle the letter F.
- A. After jumping worms attack forests, plant life is gone and soil composition is not the same as before.
- B. There are one hundred worm eggs per hectare.
- C. More than one species of jumping worm can live with another because of different microbes inside them.
- D. Jumping worms are so tough that they can survive any type of weather situation.

問題 2 (物 理)

以下、特に指示のない限り、解答欄には答えのみを書きなさい。

【I】

図1のように、水平な地面から高さ h の点 A より、質量 m の小球が水平方向に速さ v_0 で投射された。小球は地面に着くことなく、点 A から水平距離で L 離れたなめらかで鉛直な壁に衝突した。小球が衝突した位置は点 B であり、衝突する直前の小球の速度が水平方向となす角は θ であった。重力加速度の大きさを g とし、空気抵抗は無視する。

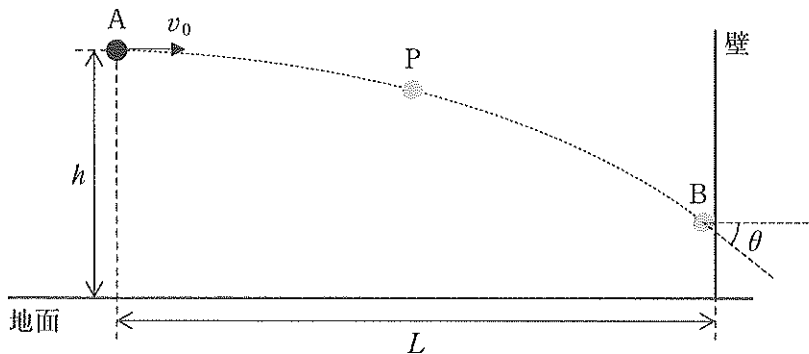


図1 (曲線は運動の軌跡を模式的に表す)

- 問 1 小球が図1の点Pを通過するとき、小球に働く力の大きさを求め、その向きがわかるよう図示しなさい。
- 問 2 小球が壁に衝突する直前の速さと、 $\tan \theta$ の値を求めなさい。
- 問 3 小球が地面に着くことなく壁に衝突するために、点 A における速さ v_0 が満たす条件を求めなさい。ただし、地面から点 A までの高さを 1.60 m 、点 A から壁までの水平距離を 20.0 m 、重力加速度の大きさを 9.80 m/s^2 とし、答えの有効数字は3桁、単位は km/h とする。

図 2 のように，小球は点 B で壁に衝突した後はね返り，地面に着いた。小球がはじめて地面に着いた位置は点 C であった。また，壁との衝突で小球が受けた合力による力積は水平方向であった。小球と壁との間のはね返り係数は e ($0 < e < 1$) とする。

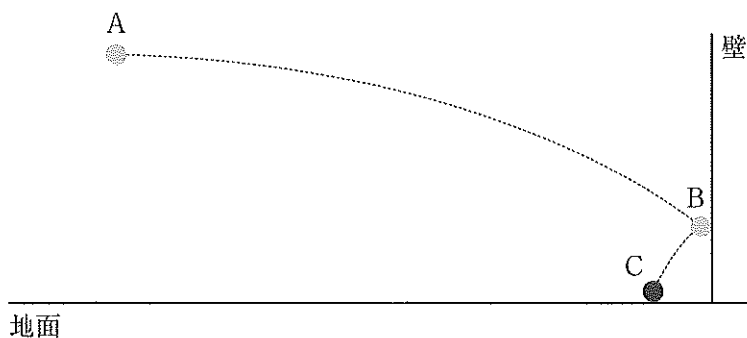


図 2 （曲線は運動の軌跡を模式的に表す）

問 4 壁との衝突で小球が受けた合力による力積の大きさを求めなさい。

問 5 壁との衝突で小球が受けた合力による仕事を求めなさい。

問 6 点 B から点 C までの水平距離を求めなさい。

【Ⅱ】

図3のように、点Oを原点とする xy 平面上で距離 d ($d > 0$)だけ離れた2点 $(0, +d/2)$ と $(0, -d/2)$ に、帯電していない小球AとBがそれぞれ固定されている。このとき、電気量 q ($q > 0$)の電荷を小球Bから小球Aへと移動させて、小球AとBを帯電させた。クーロンの法則の比例定数を k とし、電位の基準は無限遠とする。

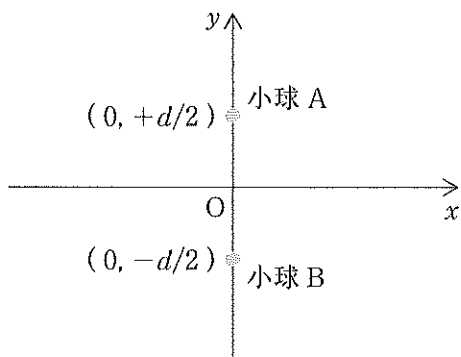


図3

問7 次の ア および ウ ～ オ に当てはまる数式または数量を答えなさい。また、イ には「反発力」と「引力」のうち適切なものを選んで答えなさい。

小球Bが持つ電気量は ア となる。それぞれの小球を点電荷とみなすと、2つの小球間には イ が働き、その大きさは ウ となる。また、原点Oにおいて、電位は エ であり、電場の強さは オ と求められる。

問8 2つの小球の周囲に生じる電場について、その向きを示す矢印とともに、電気力線の概形を描きなさい。

次に、図4のように、間隔 d 、面積 S の帯電していない極板CとDからなる平行板コンデンサーに、起電力がつねに一定の電池と、電気抵抗、およびスイッチが直列につながれている。スイッチを入れ、十分に時間が経過したとき、極板Cは電気量 Q ($Q > 0$)に帯電していた。

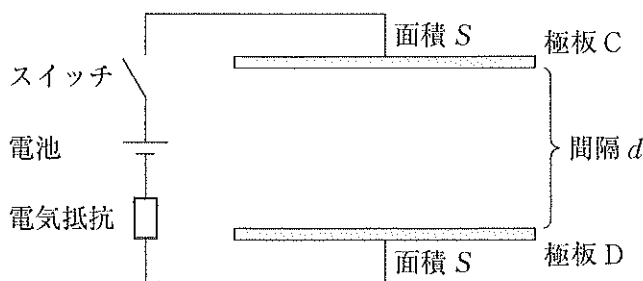


図 4

問 9 次の カ ～ コ に当てはまる数式を答えなさい。

極板 D の電気量は カ となる。極板間の電場の強さは、単位面積あたりの電気力線の本数であるから キ となり、これより極板間の電位差は ク と求められる。また、どちらの極板も、他方の極板が作る電場によって、大きさ ケ の力を受ける。ここで、スイッチを入れてから十分に時間が経過するまでの間に電池が行った仕事は コ である。

生物の細胞は、その内外に電荷を移動させる仕事を行うことで電位差を作り出し、さまざまな生命活動に利用している。たとえばデンキウナギは、このような細胞からなる発電器官を直列につないで高電圧を作り、捕食や防御等を行う。

ここでは、デンキウナギの発電器官は平行板コンデンサーとみなす。また、デンキウナギは発電器官の充電時にのみ仕事を行い、その仕事は起電力一定の電池が行う仕事とみなす。

直列につながれた 4×10^3 個の発電器官を持つデンキウナギが、小魚を感電させるために、充電と放電を 4 回くり返した。1 回の充電につき発電器官 1 個あたりに 0.2 V の電位差、 $1 \times 10^{-3} \text{ C}$ の電荷が生じ、放電後はそれぞれ 0 V 、 0 C になった。このとき、デンキウナギは小魚を食べて 40 kcal のエネルギーを得た。ただし、 $1 \text{ cal} = 4 \text{ J}$ とする。

問10 デンキウナギが小魚を食べて得たエネルギーに対して、4 回合計で行った仕事量の割合を、有効数字を 1 桁として百分率で求めなさい。なお、答えを得るために用いた計算式も示しなさい。

問題 3 (化 学)

必要があれば、原子量は次の値を使うこと。

H 1.0 C 12 O 16 Cl 35.5 Ca 40 I 127

問 1 周期表の 2 族に属する元素であるカルシウムの単体は、常温で水と反応し、
(A) 気体の **ア** を発生する。カルシウムの検出と確認には炎色反応が利用される。

水酸化カルシウム $\text{Ca}(\text{OH})_2$ は **イ** と呼ばれる白色粉末で、水に少し溶ける。この飽和水溶液は **ウ** と呼ばれ、二酸化炭素を吹き込むと炭酸カルシウム CaCO_3 の白色沈殿が生じる。 CaCO_3 は石灰岩や大理石などの主成分で天然に多量に存在している。 CaCO_3 は二酸化炭素を含んだ地下水の作用で
(C) 溶解し、地下に鍾乳洞ができることがある。固体の CaCO_3 を焼くと、酸化カ
(D) ルシウム CaO (**エ** と呼ばれる) が得られる。また、 CaCO_3 を塩酸と反
(E) 応させると二酸化炭素が発生する。

硫酸カルシウム CaSO_4 は硫酸カルシウム二水和物 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (**オ** と呼ばれる) として天然に産出され、これを約 140°C に加熱すると、硫酸カルシウム半水和物 $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$ となる。これは **カ** と呼ばれ、建築材料や医療用ギプスなどに利用される。

- 1) 上の文中の **ア** ～ **カ** に入る適切な語句や物質名を書きなさい。
- 2) 下線部(A)について、次の説明のうち、正しいものには○、間違っているものには×を書きなさい。
 - a 単体の融点は、同じ周期のアルカリ金属(1 族)の単体の融点よりも低い。
 - b 単体の反応性は、周期表上で下側に位置するものほど高い。
 - c マグネシウムは、アルミニウムとアルマイトという合金をつくる。
 - d マグネシウムの水酸化物は、にがりの主成分である。
 - e バリウムの硫酸塩は、胃や腸の X 線撮影の造影剤として用いられる。

- 3) 下線部(B)について、カルシウムが示す色を書きなさい。
- 4) 下線部(C)について、この溶液を加熱したときに起こる反応を化学反応式で書きなさい。
- 5) 下線部(D)について、この物質の一般的な用途を次の語群から2つ選びなさい。

〔語群〕 乾燥剤、漂白剤、発熱剤、冷却剤、凍結防止剤

- 6) 下線部(E)について、この反応を化学反応式で書きなさい。また、 25°C 、 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ のとき、この反応で発生した二酸化炭素は 0.77 L であった。この反応に消費された炭酸カルシウムは何 g か求めなさい。計算結果は四捨五入して小数第1位まで答えなさい。考え方がわかるように途中の計算式等も解答欄に書きなさい。ただし、 25°C 、 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ のときの二酸化炭素の密度は 1.79 g/L とし、液体に溶ける二酸化炭素の量は無視できるものとする。

(問題 3 (化学)は次ページに続く。)

問 2 炭化水素の水素原子をヒドロキシ基-OH で置換した構造をもつ化合物をアルコ^(A)ールという。分子量が同じ程度の炭化水素に比べてアルコールの方が融点や沸点が **ア**。また、炭素数が等しいエーテルと一価アルコールは **イ** 異性体の関係にあり、アルコールの方が異性体の関係にあるエーテルよりも沸点が **ウ**。アルコールの融点や沸点にこのような特徴があるのは、アルコールに分子間力^(B)が働くためである。

カルボキシ基-COOH をもつ化合物をカルボン酸^(C)という。また、分子中に-OH をもつカルボン酸を **エ** 鎖式の一価カルボン酸を、特に脂肪酸という。炭素原子の数が多い **オ** 脂肪酸とグリセリンが反応して生成されるエステルを油脂^(D)といい、動物の体内や植物の種子などに広く分布する。構成する脂肪酸として **カ** 脂肪酸を多く含む油脂には常温で固体のものが多く、**キ** 脂肪酸を多く含む油脂には常温で液体のことが多い。

1) 上の文中の **ア** ～ **キ** に入る適切な語句を書きなさい。

2) 下線部(A)について、次の設問に答えなさい。

(1) 次の説明のうち、正しいものには○、間違っているものには×を書きなさい。

- a 第一級アルコールを酸化するとアルデヒドが得られる。
- b 第三級アルコールは酸化されやすい。
- c エタノールにヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて温めると、黄色の沈殿が生じる。
- d 2-プロパノールを硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液で酸化すると、アセトンが生じる。
- e アルコールに単体のナトリウムを加えると、酸素が発生する。

(2) エタノールと濃硫酸を混合して 130～140℃ に加熱したときに起こる反応の化学反応式を書きなさい。

3) 下線部(B)の分子間力の名称を書きなさい。

4) 下線部(C)について、次の設問に答えなさい。

(1) 次の説明のうち、正しいものには○、間違っているものには×を書きなさい。

- a 分子量が小さい脂肪酸は大きい脂肪酸よりも水に溶けやすい。
- b カルボン酸は単体のナトリウムと反応して水を生成する。
- c 水溶性のカルボン酸塩に強酸を反応させると、カルボン酸が遊離する。
- d 水に溶けにくいカルボン酸を炭酸水素ナトリウム水溶液と反応させると溶解する。
- e 酢酸をフーリング液とともに加熱すると、赤色の沈殿が生じる。

(2) 分子式 $C_4H_4O_4$ で表され、 $C=C$ 結合の両端に $-COOH$ が結合したジカルボン酸は2種類ある。水に対する溶解度と融点のそれぞれが大きい方の化合物名を書きなさい。

5) 下線部(D)について、次の設問に答えなさい。計算結果は四捨五入して小数第1位まで答えなさい。また、考え方がわかるように途中の計算式等も解答欄に書きなさい。

- (1) 10 g の油脂 X に水酸化ナトリウム水溶液を加えて完全にけん化したところ、グリセリンとナトリウム塩が得られた。グリセリンが 1.04 g 得られた場合、油脂 X の分子量を求めなさい。
- (2) この 10 g の油脂 X に付加できるヨウ素の最大量が 8.6 g であった場合、けん化によって得られるナトリウム塩の分子式を書きなさい。ただし、油脂 X は1種類の脂肪酸からできているとする。

問題 4 (生 物)

問 1 図 1 のように、制限酵素 EcoRI で切断したプラスミドベクター(試料 V)に人工合成した X 遺伝子を DNA リガーゼで連結し、作製された組換えプラスミドを大腸菌に導入する実験を行った。また、ベクターに X 遺伝子が正しく組み込まれたかどうかを確認するために試料 Y を作製し、図 2 のようにアガロース(寒天)ゲル電気泳動を行った。

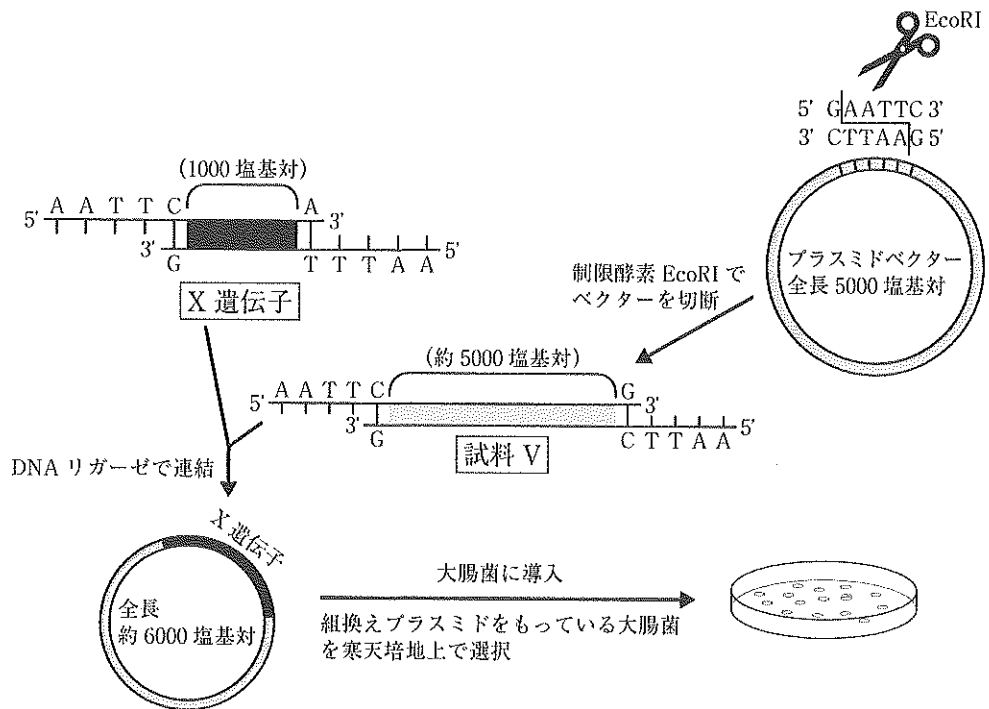


図 1

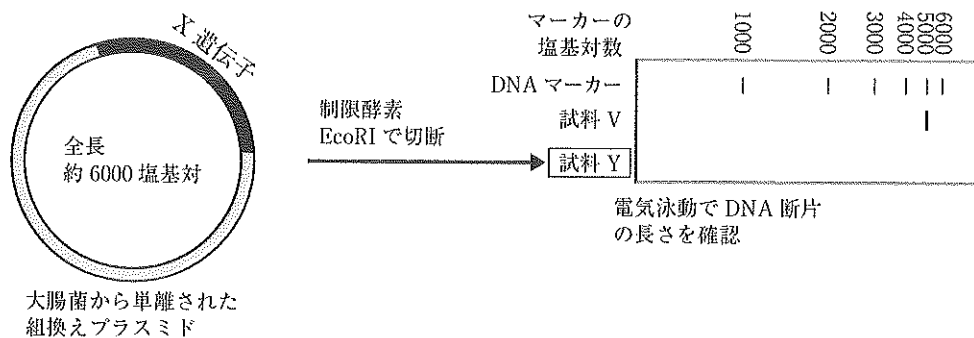


図 2

- 1) 次の文章の [A] ～ [E] に当てはまる最も適切な語句あるいは人名を答えなさい。

大腸菌は学名で *Escherichia coli* と呼ばれ、実験で用いた制限酵素 EcoRI の Eco は、この制限酵素が *Escherichia coli* から見つかったことにちなんで、名付けられている。学名は [A] 名の後に [B] 名を付けて表現する。この表現方法は [C] と呼ばれる。[C] は分類学の父と言われる [D] によって 18 世紀の中頃に確立された。[A] よりも上位の分類階級として順番に科、目、綱、[E]、界、ドメインがある。

- 2) DNA リガーゼは、DNA 複製時にヌクレオチド鎖を連結する役割を担う。ラギング鎖では、なぜ短いヌクレオチド鎖が形成されるのか。「DNA ヘリカーゼ」、「二重らせん」、「DNA ポリメラーゼ」の語句をすべて使って、「ラギング鎖では」に続けて、55 字以内で答えなさい。いずれの語句も繰り返し使用してかまわない。

- 3) 次の(ア)～(ウ)の文章は、アガロースゲル電気泳動法の説明である。文章の内容が正しい場合には○を、間違っている場合には×を書きなさい。

- (ア) ゲルの中で DNA が増幅する。
(イ) DNA 鎖はゲルの中をプラス電極に向かって移動する。
(ウ) DNA 鎖が長いほどゲルの中を速く移動する。

- 4) 図 2 のように、X 遺伝子が組み込まれたプラスミドを EcoRI で切断した試料 Y を作製した。この試料 Y をアガロースゲルで電気泳動した場合、DNA 断片のバンドはどの位置に観察されるか。試料 V で観察されたバンドを参考に、試料 Y のバンドを描きなさい。

問 2 染色体は遺伝情報の格納庫であり、私たちを構成する細胞の中には両親から 1 本ずつ受け継いだ染色体が対になって存在している。この形や大きさが同じで対になっている 2 本の染色体を **A** 染色体と呼ぶ。卵巣や精巣では、卵や精子などの **B** をつくるために、**C** 分裂が行われている。このとき、**A** 染色体どうしが **D** し、二価染色体が形成される。二価染色体では互いの染色体が X 字状に交わる部位ができる。この部位を **E** といい、そこで染色体の部分的な交換が生じる。まれに、異なる遺伝子座で交換が起こる **F** により、遺伝子の重複や欠失が生じることがある。染色体の広い領域で起きた重複の例として、各体節の性質決定に参与する **G** 遺伝子群が知られている。この遺伝子群は、哺乳類では異なる 4 つの染色体に分布しており、複雑なからだの形成に重要な役割を果たしている。

- 1) **A** ～ **G** に当てはまる最も適切な語句を答えなさい。
- 2) 卵や精子がつくられるとき、それぞれ対になっている染色体は無作為に娘細胞へと分配されるため、娘細胞では染色体の多様な組み合わせが生じる。染色体の部分的な交換が起こらない場合、23 対 46 本の染色体 ($2n = 46$) をもつヒトでは、卵や精子に分配される染色体の組み合わせは 8388608 通りである。 $2n = 8$ の生物では、卵や精子に分配される染色体の組み合わせが何通りになるか、答えなさい。
- 3) 体細胞分裂の G_1 期における細胞 1 個あたりの DNA 量を「1」としたとき、一次精母細胞、二次精母細胞、精子の細胞あたりの DNA 量はいくつになるか、答えなさい。
- 4) マウスの毛色決定にはチロシナーゼ遺伝子が関与している。正常なチロシナーゼ遺伝子をもつ個体の毛色は黒になるが、機能を失ったチロシナーゼ遺伝子をホモ接合でもつ個体は、メラニン色素を合成できず毛色が白くなる。
 - (1) 正常なチロシナーゼ遺伝子をもつ毛色が黒い個体と機能を失ったチロシナーゼ遺伝子をもつ毛色が白い個体を交配させ、子を得た (F_1 世代)。 F_1 世代どうしを交配して得られる子の毛色が白となる確率 (%) を小数第 1 位まで答えなさい。

- (2) 正常なチロシナーゼ遺伝子をホモ接合でもつ毛色が黒い両親に由来する受精卵を準備した。特定の塩基配列に一定の割合で変異を起こさせるゲノム編集技術により、この受精卵のチロシナーゼ遺伝子に変異を発生させた。このとき、両方の対立遺伝子に変異が発生する確率は30%，片方の対立遺伝子に変異が発生する確率は10%，どちらの対立遺伝子にも変異が発生しない確率は60%とする。これらの受精卵を雌マウスの子宮内に移植したところ、生まれた子には毛色が白と黒のマウスの両方が存在した。生まれたマウスのうち、毛色が黒いマウスどうしを交配したときに白い毛色をもつ個体が生まれる確率(%)を小数第2位まで答えなさい。ただし、ゲノム編集技術により遺伝子に変異が発生した場合、その遺伝子は必ず機能を失うものとする。
- 5) ウニの受精において、同一の卵へ複数の精子が進入しないためのしくみを2つ挙げ、それぞれ10字以内で答えなさい。
- 6) 図3はイモリ胞胚期胚の原基分布図である。図中a～cのうち神経管へと分化するのはどれか、記号を選び、その胚葉名を答えなさい。また、その胚葉から分化する器官を括弧内からすべて選び、記号で答えなさい。

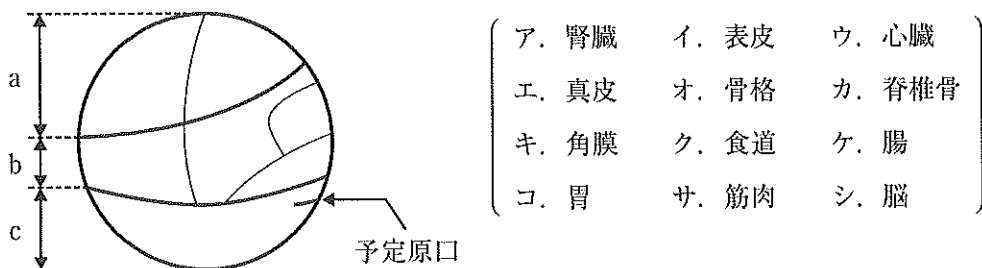


図3

問 3 ワカサギが生息している実験池に 3 種のマス類(マス A, マス B, マス C)を放流した。図 4 は、放流後の実験池の生物の生息状況や食物連鎖について調査した結果である。図中の矢印は、それぞれの生物または生物群集の被食者－捕食者相互関係(食う食われるの関係)を単純化して示している。矢印は、被食者から捕食者へ向かっている。

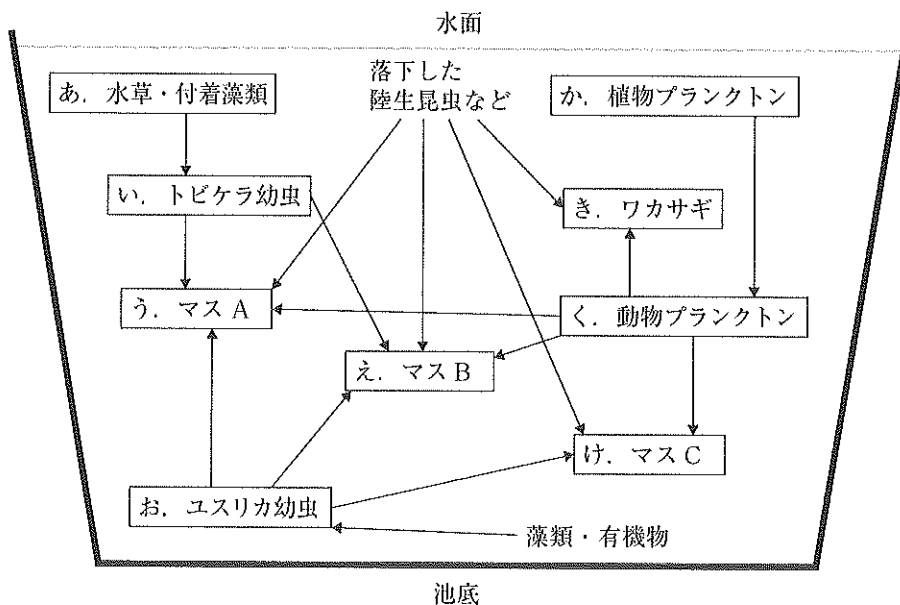


図 4

1) 図 4 に示した「あ」～「け」の生物名または生物群集名の中から、生産者と一次消費者をそれぞれすべて選び、記号で答えなさい。また、生産者と一次消費者の定義をそれぞれ 20 字以内で答えなさい。

2) この実験池のマス類についての調査で、次の(1)～(3)の結果が得られた。

1 ～ 3 に当てはまる最も適切な語句を答えなさい。

(1) マス A とマス B は、いずれも実験池の浅い場所に生息していたが、マス A は池の岸付近に多く、沖側にはマス B が多く生息していた。これは、マス A とマス B の間で生活空間を分割する 1 が行われているためである。

- (2) 実験池の底のマス C を観察したところ、最も大きな 1 匹が広い空間を占有し、近づいて来る他のマス C を攻撃した。このように同種他個体を排除する空間のことを 2 と呼ぶ。
- (3) マス類を実験池へ放流した後、ワカサギの成長が放流前に比べて悪くなった。これは餌をめぐる両者の間で 3 が生じているためだと考えられる。
- 3) この実験池に生息するユスリカの 1 種は、幼虫期には池の底で、成虫期には陸上で生活し、寿命は約 30 日である。雌成虫は一生に約 3000 個もの卵を産むが、成虫になるのは数個体のみである。雌成虫は産卵後 24 時間以内に死亡する。このような特徴をもった昆虫では幼虫期に個体数の急激な減少がみられる。その理由を「死亡率」という語句を用いて 35 字以内で答えなさい。なお、「死亡率」は繰り返し使用してかまわない。

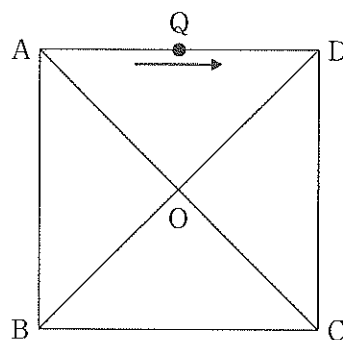
問題 5 (数 学)

次の問 1 は解答欄に答えのみを書きなさい。問 3 の 5) は設問の指示に従って答えなさい。それら以外は、必要に応じて計算の過程を書いてよい。

問 1

- 1) $\sin 2\theta = -\frac{3}{4}$ であるとき、 $\left(\frac{1}{\sin \theta} + \frac{1}{\cos \theta}\right)^2$ の値を求めなさい。ただし、 $-\frac{\pi}{2} < \theta < \frac{\pi}{2}$ とする。
- 2) 2つのベクトル $\vec{u} = (t, 0)$ と $\vec{v} = (0, 2)$ の和で定義されるベクトル $\vec{a} = \vec{u} + \vec{v}$ とベクトル $\vec{b} = \left(-\frac{1}{2}, \frac{1}{2}\right)$ が垂直になるとき、実数 t の値を求めなさい。
- 3) $\frac{3}{2} < 2^k < \log_2 32$ を満たすすべての整数 k の値を求めなさい。

問 2 正方形 ABCD の 2 つの対角線の交点を O とする。正方形 ABCD の 4 つの辺と 2 つの対角線上を、次の決まり (ア), (イ), (ウ) に従って移動する点を Q とする。



(ア) 点 Q が交点 O 上にあるとき、移動開始の合図があると、点 Q は頂点 A , B , C , D のいずれかに移動して止まる。各頂点に移動する確率はそれぞれ $\frac{1}{4}$ である。

(イ) 点 Q が頂点 A , B , C , D のいずれかの上にあるとき、移動開始の合図があると、点 Q は隣接する 2 つの頂点^{*}あるいは交点 O に移動して止まる。各頂点および交点 O に移動する確率はそれぞれ $\frac{1}{3}$ である。

^{*}例えば、頂点 A の隣接する 2 つの頂点は B と D である。

(ウ) 点 Q は頂点 A , B , C , D , または交点 O 上にしか止まらない。また、点 Q が止まっているときにのみ合図が 1 回あり、合図が終わってから点 Q は移動を開始する。

n 回目の合図のあとに点 Q が止まり、 $n + 1$ 回目の合図の前に、点 Q が交点 O 上にある確率を P_n とする。ただし、 n は正の整数であり、各移動はそれぞれ独立であるとする。

1) はじめに点 Q が交点 O 上にあるとする。

(1) P_1 , P_2 の値をそれぞれ求めなさい。

(2) P_{n+1} を P_n の式で表しなさい。ただし、 n 回目の合図のあと、 $n + 1$ 回目の合図の前に、点 Q が頂点 A , B , C , D のいずれかの上にある確率は等しいことを用いてよい。

(3) P_n を n の式で表しなさい。

2) はじめに点 Q が頂点 A 上にあるとする。

(1) P_1 , P_2 の値をそれぞれ求めなさい。

(2) $n = 2m$ とする。合計 n 回の合図によるすべての移動において、点 Q が正方形 $ABCD$ のいずれかの辺を少なくとも 1 回通り、かつ、交点 O に少なくとも 1 回止まる確率を m の式で表しなさい。ただし、 m は正の整数である。

(問題 5 (数学) は次ページに続く。)

問 3 t を実数とし、座標平面上の直線

$$L: y = tx$$

と原点 O を通る曲線

$$C: y = -(x-2)^2 + 4$$

を考える。直線 L が曲線 C に接するときの直線 L の傾きを t_0 とし、 t の範囲を $0 \leq t \leq t_0$ とする。また、直線 L 、直線 $x = -a$ 、 x 軸で囲まれた図形の面積を S_1 とする。ただし、 $0 < a < 4$ とし、 $t = 0$ のときは $S_1 = 0$ とする。さらに、直線 L と曲線 C で囲まれた図形の面積を S_2 とする。ただし、 $t = t_0$ のときは $S_2 = 0$ とする。 $S_1 + S_2$ を t の関数として $S(t)$ とする。

- 1) S_1 を a 、 t の式で表しなさい。
- 2) (1) 関数 $f(x) = -(x-2)^2 + 4$ の導関数 $f'(x)$ を求めなさい。
(2) t_0 の値を求めなさい。
- 3) S_2 を t の多項式またはそれを因数分解した式で表しなさい。
- 4) 関数 $S(t)$ の導関数 $S'(t)$ が 0 となる t を a の式で表しなさい。
- 5) $S(t)$ の最大値、最小値をそれぞれ実数または a の式で表しなさい。ただし、求めた値が最大値、最小値となる理由もそれぞれ示しなさい。