

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

平成 31 年度個別学力検査(前期日程)

総 合 問 題

試験時間 2 時間

全 10 題のなかから 5 題を選択しなさい。ただし、下表の「選択方法」欄で指定している条件①、②をすべて満たすようにしなさい。

問題番号	科 目	ページ	選 択 方 法
問題 1	英 語	1～ 3	①英語(問題 1, 2)から少なくとも 1 題 選択すること
問題 2	英 語	4～ 6	
問題 3	物 理	7～ 8	②理科(問題 3～ 8)から少なくとも 2 題 選択すること
問題 4	物 理	9～10	
問題 5	化 学	11～12	
問題 6	化 学	13～14	
問題 7	生 物	15～18	
問題 8	生 物	19～23	
問題 9	数 学	24	
問題10	数 学	25	

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、うら、おもてにかかわらず、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 1 (英 語)

Read the text and answer the following 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。

Modified from <https://www.sciencedaily.com/releases/2018/04/180424160230.htm> and https://en.wikipedia.org/wiki/3_D_printing#Applications

Questions

1. Change the underlined word (1) into the correct form.
2. There is one grammatically unnecessary word in the underlined sentence (2).
What is the one word?
3. Fill in the blanks of the underlined sentences (3) with the following words.
versions / packages / needs / people
4. Put in the correct order the words in the underlined part (4).
5. What is the most suitable word for blank (5)? Answer in one word.

6. Fill in the blanks of the underlined part (6) with the following words.
for / as / on / of
7. What is the most suitable word for blank (7)? Choose from the following.
complicated / calculated / duplicated / terminated
8. Change the underlined word (8) into the correct form.
9. What is the most suitable word for blank (9)? Choose from the following.
front / spite / terms / case
10. Circle the letter T on the answer sheet for true statements. Circle the letter F for false statements.
- A. If we 3-D print food on an industrial scale, we would spend less money for the transportation of food.
- B. The human body can't easily break down and absorb 3-D printed food.
- C. 3-D printed food may solve the problem of rising food demand from an increasing number of people on this planet.
- D. Dr. Rhee isn't sure his research will greatly improve 3-D food printing technology.

問題 2 (英 語)

Read the text and answer the following 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。

Modified from

<https://www.sciencenewsforstudents.org/article/orangutans-take-low-road>

Questions

1. Change the underlined word (1) into the correct form.
2. What is the most suitable word for blank (2)? Choose from the following.
goes / walks / runs / jumps
3. Put in the correct order the words in the underlined part (3).
4. What is the most suitable word for blank (4)? Choose from the following.
danger / endanger / endangered / endangering
5. What is the most suitable word for blank (5)? Choose from the following.
camera / tree / road / site
6. Fill in the blanks of the underlined sentences (6) with the following words.
cut / built / did / used

7. Put in the correct order the words in the underlined part (7).
8. What is the most suitable word for blank (8)? Answer in one word.
9. Fill in the blanks of the underlined sentence (9) with the following words.
be / suggest / survive / disturb
10. Circle the letter T on the answer sheet for true statements. Circle the letter F for false statements.
 - A. By using camera traps, scientists have concluded only adult males travel outside of the trees.
 - B. Narrow forest roads used by companies cutting down trees for sale are called logging roads.
 - C. Scientists use the pictures taken in Borneo to see how the orangutans behave when there are no people around them.
 - D. Dr. Loken now understands the orangutans are walking on the ground in only limited parts of the forest.

問題 3 (物 理)

大気中に質量 M [kg]、断面積 S [m²] でなめらかに動くピストンを装着したシリンダーがある。シリンダーの底面は熱をよく通す材質ででき、それ以外は断熱材でできている。一方、ピストンは全体が断熱材でできている。そのため、シリンダー内外への熱の流入・流出は、シリンダーの底面のみから行われる。なお、大気圧を P_0 [Pa]、大気温度を T_0 [K]、気体定数を R [J/(mol·K)]、重力加速度の大きさを g [m/s²] とする。

断熱材でシリンダーの底面を覆った後、ある温度の単原子分子理想気体 1 mol を入れ、図 1 のようにシリンダーを水平の台上に横向きに置いた。このとき、シリンダー底面からピストンまでの距離は h_1 [m] であった。

問 1 このときのシリンダー内の圧力 P_1 [Pa] と温度 T_1 [K] を求めなさい。

次に、ピストンを右に急激に引っ張り、図 2 のように h_2 [m] の位置でピストンを固定すると、シリンダー内の圧力は P_2 [Pa] となった。

問 2 図 1 から図 2 の状態になるまでの理想気体の変化を表す語句を答えなさい。

問 3 図 1 から図 2 の状態になるまでの理想気体の内部エネルギーの変化 ΔU [J] を求めなさい。

問 4 図 1 から図 2 の状態になるまでの理想気体が行った仕事 W [J] を求めなさい。

続いて、図 3 のようにシリンダー底面の断熱材を取り除くと、シリンダー内の理想気体は大気と同温度になった。

問 5 このときにシリンダー内に流入した熱量 Q_1 [J] を求めなさい。

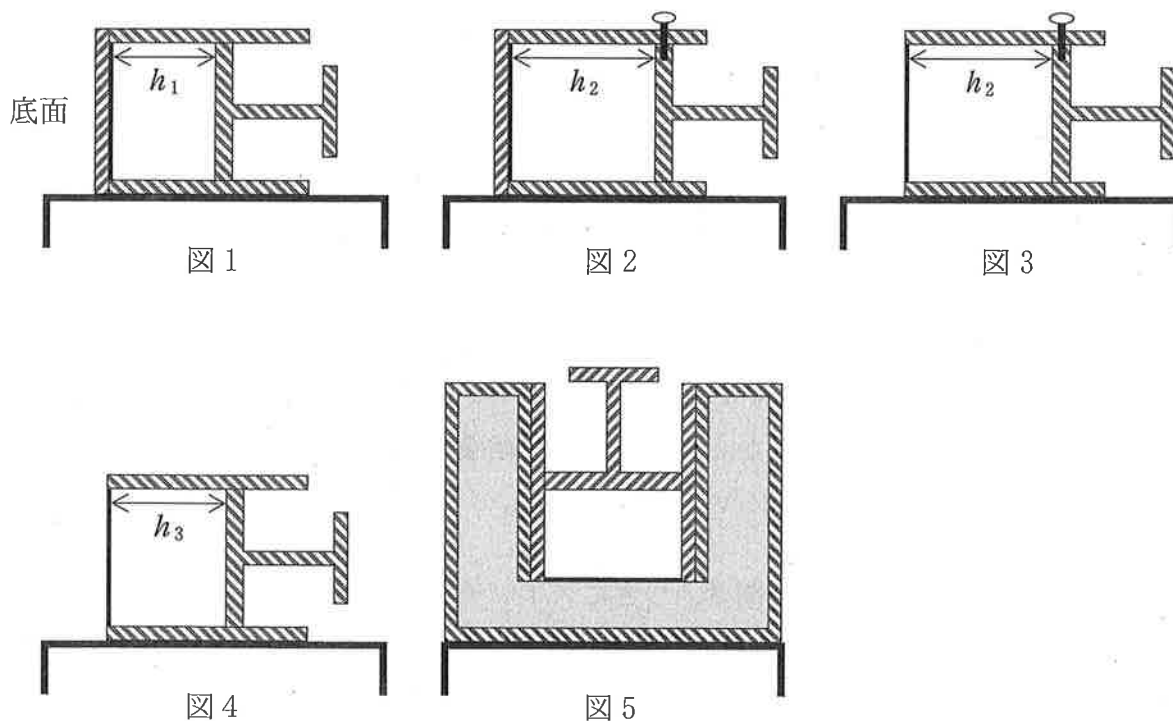
その後、ピストンを動ける状態にしたところ、左へゆっくり動き、図4のように h_3 [m] の位置で静止した。

問 6 このときのシリンダー底面からピストンまでの距離 h_3 を求めなさい。

最後に、シリンダーの冷却用に氷でできた容器を用意した。容器はシリンダーの底面と接する部分を除き断熱材で覆われているため、周囲の熱による氷の融解はない。また、氷の温度は融点 T_m [K] で一定である。図4のシリンダーを立ててからこの容器に入れたところ、氷の一部が融解するとともにピストンは下方へゆっくり動き、図5のように静止した。なお、氷の融解熱は L [J/kg] とする。また、氷の体積変化は無視する。

問 7 このときのシリンダー内の圧力 P_3 [Pa] を求めなさい。

問 8 このときシリンダー内から流出した熱量 Q_2 [J] と、この熱によって融解した氷の質量 m [kg] を求めなさい。



※各図において、斜線部が断熱材を表す。

問題 4 (物 理)

心臓の心室細動(心室が小刻みに震え全身に血液を送り出せない状態)を取り除く医療機器を除細動器といい、人だけでなく動物の医療においても同様に用いられる。特に自動化された人用の AED(自動体外式除細動器)は、近年、広く社会に普及してきた。そのしくみは、電気回路の工夫により電源電圧より高く(昇圧)した電圧でコンデンサーを充電し、蓄えた電荷を短時間で放電することで心臓に電気ショックを与えるというものである。ここでは、このようなコンデンサーの充放電および昇圧の例について考えてみよう。

はじめにコンデンサーの充放電過程を考える。図 1 のように、起電力 E [V] の電池、抵抗 R_1 [Ω]、 R_2 [Ω] の抵抗器、電気容量 C_1 [F]、 C_2 [F] のコンデンサー、コイル、およびスイッチ S_1 、 S_2 からなる電気回路がある。抵抗器以外の抵抗はすべて無視できるものとする。最初にスイッチはどちらも開いており、コンデンサーに電荷は蓄えられていない。

問 1 2 つのコンデンサーの合成容量 C [F] を求めなさい。

ここで、スイッチ S_1 のみを閉じる。

問 2 スイッチ S_1 を閉じた直後の回路に流れる電流 I [A] を求めなさい。

問 3 スイッチ S_1 を閉じてから十分な時間が経過するまでの間で、回路に流れる電流の時間的変化の様子を解答欄の図に示しなさい。

問 4 スイッチ S_1 を閉じてから十分な時間が経過した後の、電気容量 C_2 のコンデンサーに蓄えられる電荷 Q [C] を求めなさい。

問 5 スイッチ S_1 を閉じてから十分な時間が経過した後の、電気容量 C_1 のコンデンサーに生じる電位差 V [V] を求めなさい。

つづいて、スイッチ S_1 を開き、つぎにスイッチ S_2 のみを閉じる。

問 6 スイッチ S_2 を閉じた直後の回路に流れる電流 I' [A] を求めなさい。

問 7 スイッチ S_2 を閉じてから十分な時間が経過するまでの間に、抵抗 R_2 の抵抗器で消費されるエネルギー W [J] を求めなさい。

つぎに、コンデンサーの昇圧過程を考える。図2のように、起電力 E の電池2個、電気容量 C_3 [F] のコンデンサー2個(右, 左), ダイオード2個, およびスイッチ S_3 からなる電気回路がある。抵抗はすべて無視できるものとする。はじめスイッチは開いており、コンデンサーに電荷は蓄えられていない。ここで、スイッチ S_3 を点 a 側に閉じる。

問 8 スイッチ S_3 を点 a 側に閉じてから十分な時間が経過した後の、左のコンデンサーに生じる電位差 V_1 [V] を求めなさい。

つぎに、スイッチ S_3 を点 b 側に閉じる。

問 9 スイッチ S_3 を点 b 側に閉じてから十分な時間が経過した後の、左のコンデンサーに生じる電位差 V_2 [V] を求めなさい。

さらに、スイッチ S_3 をふたたび点 a 側に閉じ、十分な時間が経過した後、最後に点 b 側に閉じる。

問10 スイッチ S_3 を最後に点 b 側に閉じてから十分な時間が経過した後の、左のコンデンサーに生じる電位差 V_3 [V] を求めなさい。

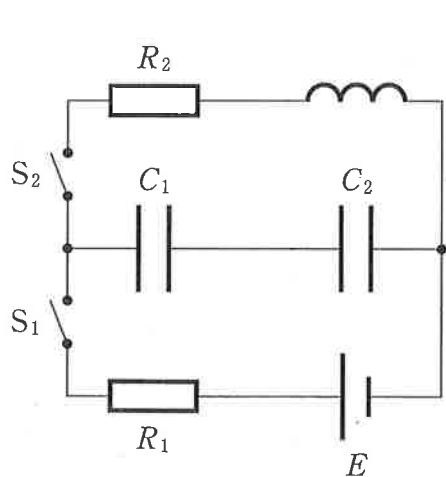


図 1

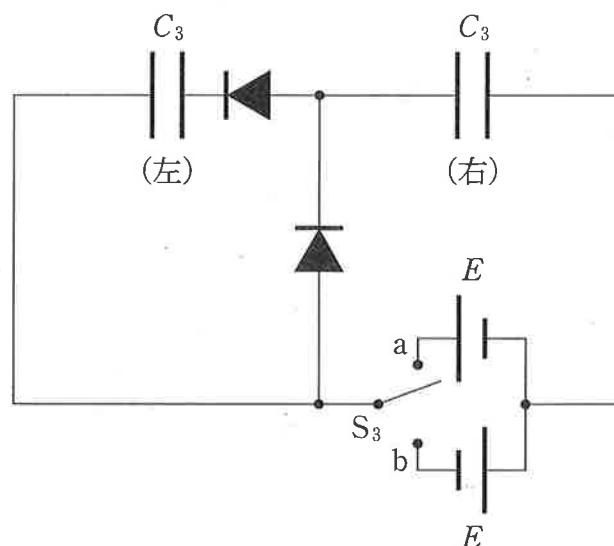


図 2

問題 5 (化 学)

炭素は第 14 族元素であり，ア 個の価電子をもっていて，黒鉛，グラフェン，ダイヤモンド，フラーレンなどの同素体がある。グラフェンが層状構造をして重なっている黒鉛は，⁽¹⁾イ 個の価電子が平面をつくる共有結合に使われ，残りのウ 個の価電子が平面内を動き回ることができるために電気伝導性がある。一方，ダイヤモンドは，炭素原子がエ 構造の各頂点と中心に位置して，全ての炭素原子が共有結合してできた無色の結晶で，非常に硬く，電気伝導性はない。

炭素の酸化物である一酸化炭素は，無色，無臭の水に溶解し難い有毒気体であり，実験室ではギ酸に⁽²⁾オ を加えて作ることができる。二酸化炭素は，無色，無臭の空気より重い気体で，水に少し溶け，水溶液は弱い酸性を示す。⁽³⁾二酸化炭素は，^(a)石灰石の主成分である炭酸カルシウムに塩酸を加えることで発生する。^(b)石灰水に二酸化炭素を通じると，^(c)いったん白色沈殿が生じるが，さらに通じ続けると白色沈殿は溶ける。また，二酸化炭素の気体を冷却すると固体のカ に変化する。

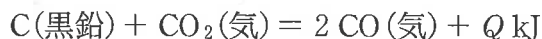
問 1 上の文中の空欄 ア ～ カ に最も適切な語句や数字を書きなさい。

問 2 下線部(a)～(c)の化学反応式を書きなさい。

問 3 下線部(1)の同素体に関連して，周期表の原子番号 20 番までの元素で同素体が存在する第 15 族の元素名を答えなさい。

問 4 下線部(2)の一酸化炭素に関連して次の問いに答えなさい。

一酸化炭素の製法として，二酸化炭素を加熱した炭素(黒鉛)と接触させる方法があり，次の熱化学方程式で示すことができる。



炭素(黒鉛)の燃焼熱は 394 kJ/mol，一酸化炭素(気)の燃焼熱は 283 kJ/mol であるとして，反応熱 Q kJ を求めなさい。考え方がわかるように途中の計算式も解答欄に書きなさい。

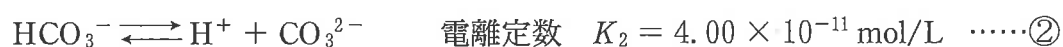
問 5 下線部(3)の二酸化炭素に関連して次の設問に答えなさい。計算結果は四捨五入して小数点以下第 2 位まで求めなさい。

- 1) 空気中に含まれる二酸化炭素の体積を求めるために、以下の操作 A と操作 B をおこなった。

操作 A : 標準状態の空気 10 L を 0.005 mol/L の水酸化バリウム水溶液 100 mL に通して完全に二酸化炭素を吸収させた。

操作 B : 操作 A の反応液から上澄み液 10 mL を三角フラスコに取り、0.010 mol/L の塩酸で中和滴定したところ、塩酸 8.1 mL を必要とした。

- (1) 操作 A 及び操作 B で起こる反応について、それぞれ化学反応式を書きなさい。
- (2) 標準状態の空気 10 L に含まれる二酸化炭素の体積 (mL) を求めなさい。
ただし、空気中の二酸化炭素を X (mol) として、考え方がわかるように途中の計算式も解答欄に書きなさい。標準状態の二酸化炭素の体積は 22.4 L/mol とし、水の蒸発は無いものとする。
- 2) 二酸化炭素は水に少し溶解して炭酸 H_2CO_3 となり 2 段階で電離する。ある温度における各々の電離定数 K_1 および K_2 はそれぞれ①および②に示した。炭酸 H_2CO_3 の濃度が 2.00×10^{-2} mol/L の水溶液の pH を求めなさい。ただし、 K_2 は K_1 に比べて非常に小さく無視でき、 $[\text{H}^+]$ は $[\text{H}_2\text{CO}_3]$ に比べて非常に小さいものとする。電離平衡時の各成分のモル濃度の関係を示した上で、途中の計算式も解答欄に書きなさい。また、必要ならば、 $\log_{10} 2 = 0.3010$ を用いなさい。



問題 6 (化 学)

乳酸は果実やヨーグルトに含まれ、分子式 $C_3H_6O_3$ で表されるカルボン酸である。乳酸は炭酸水素ナトリウムと反応し気体を生じる。乳酸分子は正四面体であり、⁽¹⁾その中心には結合する原子団がすべて異なる炭素原子があり、これを **A** という。乳酸は **A** を 1 個もつため、互いに旋光性の異なる **B** が 1 組存在する。乳酸のように分子中に **C** をもつカルボン酸はアルコールとしての性質も示す。また、黄色沈殿を生じる **D** で検出することができる。

⁽²⁾乳酸の工業的製法として、有機合成法または発酵法がある。有機合成法のひとつはアセトアルデヒドにシアン化水素を反応させ、生成物を加水分解する方法である。同法で得られる乳酸は、**B** の等量混合物である **E** となる。一方、代表的な発酵法ではデンプンを分解して得られた単糖を乳酸菌に与え、その代謝産物として乳酸を得る。⁽³⁾この過程を乳酸発酵と呼び、理論上 1 分子の単糖から **F** 分子の乳酸ができる。

一般に、プラスチック(合成樹脂)は安定なため自然界で容易に分解されにくく、廃棄後、環境に与える影響が懸念されている。これに対し、環境中の微生物などの作用により容易に分解される樹脂を **G** と呼ぶ。そのひとつに⁽⁴⁾乳酸を縮合重合して得られる **H** があり、農業用シート、食品トレイや包装用フィルムとして利用されている。

上の文章に関し、次の問いに答えなさい。ただし、気体定数は $8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$ 、標準状態における理想気体の体積は 22.4 L/mol 、原子量は $H = 1.0$ 、 $C = 12.0$ 、 $O = 16.0$ 、 $Na = 23.0$ 、 $I = 127.0$ とする。計算問題の答えは四捨五入し小数点以下 2 桁まで求め、考え方がわかるように途中の計算式も解答欄に書きなさい。

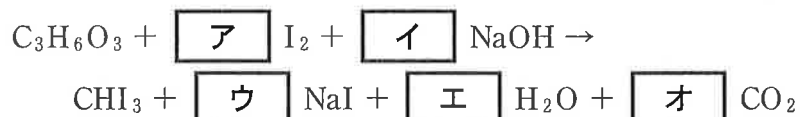
問 1 空欄 A ~ H に最も適切な語句や数字を書きなさい。

問 2 乳酸の示性式を書きなさい。

問 3 下線部(1)の反応式を書きなさい。

問 4 下線部(2)について、次の問いに答えなさい。

- 1) この検出法は、下の反応式で表される。空欄 ア ~ オ に入る数字を書きなさい。



- 2) 1)の反応式に従い、ある量の乳酸を完全に反応させ、生じた黄色沈殿の重量を測定したところ 100 g であった。この時、発生した気体の体積を求めなさい。生じた気体は理想気体とし、25 °C、標準大気圧下で実験したものとする。

問 5 下線部(3)について、次の問いに答えなさい。

- 1) 水に溶けやすいように処理した平均重合度 200 のデンプン 1 g を 90 °C の熱水に完全に溶解し、室温に冷却後、全量を 1 L とした。得られたデンプン水溶液の標準大気圧下 27 °C における浸透圧を求めなさい。
- 2) この単糖について、六員環の構造式を書きなさい。

問 6 下線部(4)について、次の問いに答えなさい。

- 1) 乳酸の縮合重合反応を、構造式を用いて書きなさい。ただし、重合度は n とし、二量体の形成は考えないものとする。
- 2) H を構成する乳酸分子間の結合の名称を答えなさい。また、平均分子量 5.22×10^4 の H 1 分子中には、見かけ上、この結合が何個含まれるか答えなさい。

問題 7 (生 物)

生物は同種や異種の個体と相互に作用しながら生活している。ある地域に生息する同種個体のまとまりを個体群、異種の個体群の集まりを **A**，これに、水・光・温度・土壌などの **B** 環境が加わったものを生態系という。

個体群の特徴を示す指標として、構成する個体群の大きさや単位面積あたりの個体数である個体群密度が用いられる。⁽²⁾ある大きさの容器にゾウリムシを入れ飼育すると、その数は次第に増加し、ある個体群密度で安定する。この個体群密度を **C** といい、個体群密度の変化に伴い個体の性質が変化することを密度効果⁽³⁾という。

異なる種の個体群間で **D** の重複が存在する場合、エサ・生活場所などを巡る種間競争が生じる。異なる2種のゾウリムシを混合飼育すると、条件によっては一方の種のゾウリムシで数の減少や絶滅が生じる。この現象は、**E** 排除といわれる。しかし、自然界では同じ場所に **D** がよく似た種が多数生息している。これはなんらかの機構により、**E** 排除が緩和されているためである。

自然界には様々な「食う—食われる」のつながりが存在するが、捕食者が被食者を⁽⁴⁾食べつくすことはほとんどない。これは、複雑な **F** を通じた間接効果により、個体群密度が調節されるためで、**A** における捕食者と被食者の健全な関係が、生物多様性の維持や、病虫害のまん延防止につながっている。

しかしながら、近年の外来生物の移入は、在来生物の駆逐や絶滅の1つの要因と⁽⁵⁾なり、生物多様性の低下を招いている。生物多様性が損なわれると、生態系における物質生産や攪乱に対する安定性が低下し、個体群が絶滅しやすくなる。

問 1 文中の空欄 **A** ~ **F** に適切な語句を入れなさい。

問 2 下線部(1)に関する例として、野生のカモは採餌及び休息の場である池などでしばしば群れを形成する。これにより、見張りを分業で行い捕食者を迅速に発見でき、安全に採餌できる。一方で、エサを巡ってカモ同士の争いが起きる。

ある池でサイズの異なるマガモの群れ(a)~(g)を観察し、群れの中から無作為に選んだある個体が「見張り」・「カモ同士の争い」・「採餌」のいずれかに費やす時間を記録し、その割合を図1に示した。なお、カモの行動は上記の3つのみで、群れの中に相互作用はなく、天敵の出現頻度、一羽あたりの利用可能なエサ量に違いはないものとする。

- 1) 「カモ同士の争い」に費やされた時間の相対的な割合を示すのは、図中の①~③のどれか、1つ選んで記号で答えなさい。
- 2) この池の環境で生息するカモの個体にとって、最適な群れのサイズは図中の(a)~(g)のどれか記号で1つ答えなさい。また、その理由を20字以内で説明しなさい。

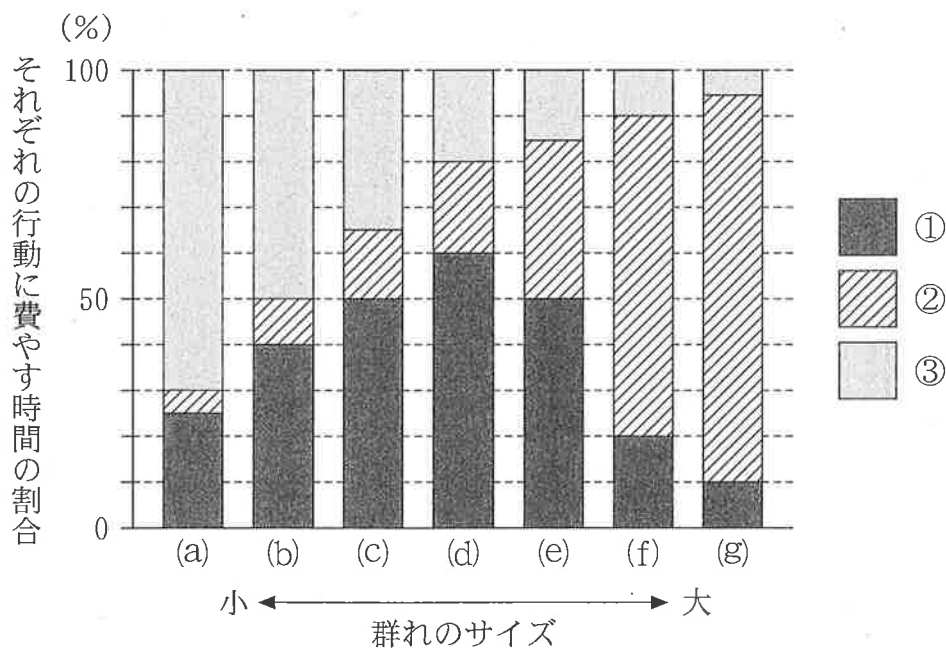


図1

問 3 下線部(2)に関して、ある地域に生息する生物種の個体数を推定する手法には「区画法」と「標識再捕法」がある。

1) 「区画法」による個体数の推定が適している生物を下から全て選び、記号で答えなさい。

ア) カエル

イ) タンポポ

ウ) アサリ

エ) イワナ

オ) シオカラトンボ

カ) ワラジムシ

2) 「標識再捕法」では、標識から二度目の捕獲までの時間をある程度あける必要がある。その理由を「標識した個体が」に続けて 30 字以内で答えなさい。

問 4 下線部(3)に関して、アフリカや中東の砂漠地帯に生息するワタリバッタは、密度効果の影響により「移動能力」・「産卵数」・「発育速度」などの形質が著しく変化する。

1) この現象の名称を答えなさい。

2) 個体群密度の高くなったワタリバッタの「移動能力」・「産卵数」・「発育速度」は、それぞれどのように変化するのか、解答欄に示した 3 つの選択肢から 1 つ選び丸で囲みなさい。

問 5 下線部(4)に関して、ある捕食者とその被食者の個体数の年変動を図 2 に示した。

1) 図 2 の種アは捕食者と被食者のどちらか答えなさい。また、その理由を「捕食者の」に続けて 25 字以内で説明しなさい。

2) 捕食者と被食者の関係にある組み合わせを、キ)～ス)の中から全て選び記号で答えなさい。

キ) クモとバッタ

ク) カブトムシとクワガタムシ

ケ) アリとアブラムシ

コ) カクレウオとナマコ

サ) クマノミとイソギンチャク

シ) テントウムシとアブラムシ

ス) ハムシとチョウの幼虫

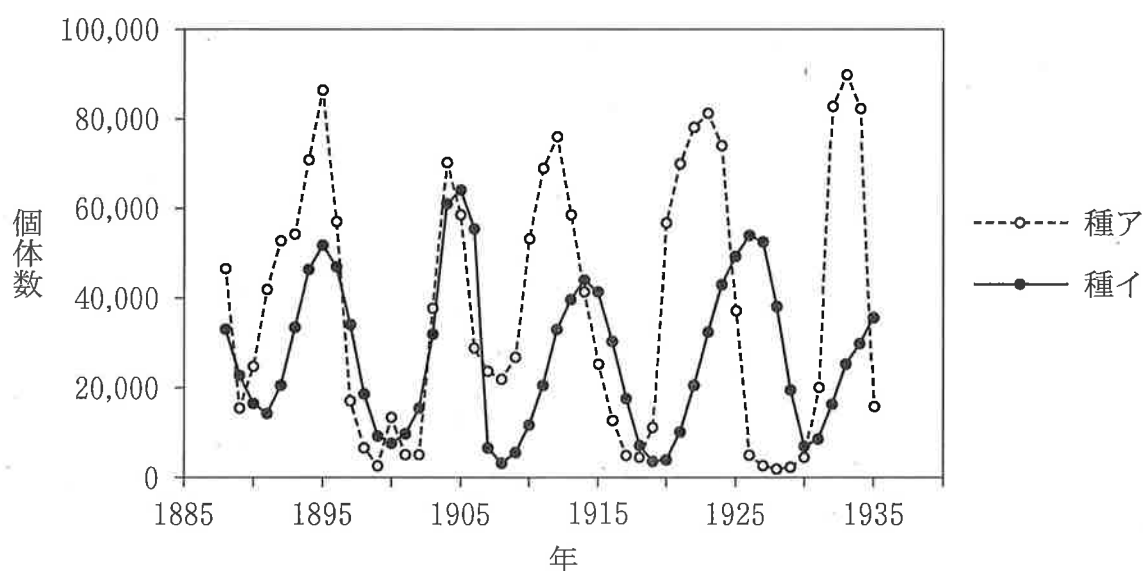


図 2

問 6 下線部(5)に関して、一般に在来の動物は外来の動物の移入による影響を受けやすいとされる。その理由を「捕食」と「進化」という語句を用いて、「在来の動物は」に続けて 40 字以内で説明しなさい。なお、同じ語句を複数回用いてもよい。

問題 8 (生 物)

生命活動におけるエネルギーのやりとりは、主にアデノシン三リン酸(ATP)を介して行われている。ATPは、複雑な物質を単純な物質に分解する **A** や、単純な物質から複雑な物質を合成する **B** といった代謝の過程で合成される。植物がATPを合成する主要な代謝には、**A** の呼吸と **B** の光合成がある。

呼吸は、呼吸基質を分解する際に放出されるエネルギーを利用してATPを合成する代謝で、解糖系、**C** 回路、電子伝達系という3つの反応系からなる。解糖系は細胞内の **D** で進行し、呼吸基質を **E** に分解する。このとき放出されるエネルギーを用いてATPが合成されるほか、酸化還元反応によりNADHもつくられる。解糖系で生じた **E** は、**C** 回路に運ばれ二酸化炭素に分解される。この過程では、放出されたエネルギーによりATPが合成されるほか、NADHやFADH₂もつくられる。解糖系や **C** 回路でつくられたNADHやFADH₂は電子伝達系に運ばれ、タンパク質複合体に電子を受け渡す。そして、酸化還元反応によって放出されるエネルギーを利用してATPが合成される。

一方、光合成は光エネルギーを利用してATPを合成する代謝で、光の関係する光化学系と光の関係しない **F** 回路からなる。光化学系は、葉緑体の **G** で進行し、光エネルギーを受けた光合成色素の **H** が放出する電子のエネルギーを利用してATPを合成する **I** 反応が行われる。**F** 回路では二酸化炭素から有機物を合成する **J** が行われる。この過程では、光化学系で合成されたATPが消費されるため、光合成全体ではATPの収支が相殺される。

問 1 上の文章中の **A** ~ **J** に適切な語句を入れなさい。

問 2 次の文章は、下線部についての説明である。

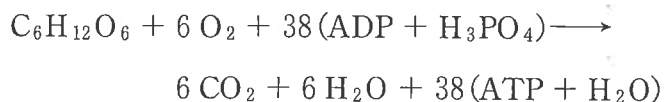
電子伝達系に運ばれた NADH や FADH_2 などの K は、L されることで電子と水素イオンを放出する。放出された電子は電子伝達系を構成する M などのタンパク質の間を次々に伝達され、その結果エネルギーがつけられる。このエネルギーによりミトコンドリアの N に存在する水素イオンが内膜と外膜の間へ運ばれるため、内膜を挟んで水素イオンの濃度勾配が形成される。水素イオンが再び濃度の低い N 側に戻ろうとし、内膜にある ATP 合成酵素を通過すると、ADP から ATP が合成される。

1) 文章中の K ～ N に入る適切な語句を、次の選択肢ア)～セ)より選んで記号で答えなさい。

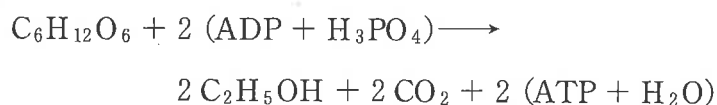
- | | | |
|-----------|-----------|------------|
| ア) クリステ | イ) 酸化型補酵素 | ウ) ペクチン |
| エ) 還元 | オ) 分解酵素 | カ) シトクロム |
| キ) 還元型補酵素 | ク) マトリックス | ケ) 加水分解 |
| コ) グラナ | サ) 酸化 | シ) キサントフィル |
| ス) ヒストン | セ) 脱水素酵素 | |

2) 呼吸の電子伝達系において、 NADH や FADH_2 が介在する ATP の合成反応を何というか答えなさい。

問 3 グルコースを基質として呼吸が行われ、理論上最大量の ATP が合成された場合、呼吸全体の反応式は次のようになる。



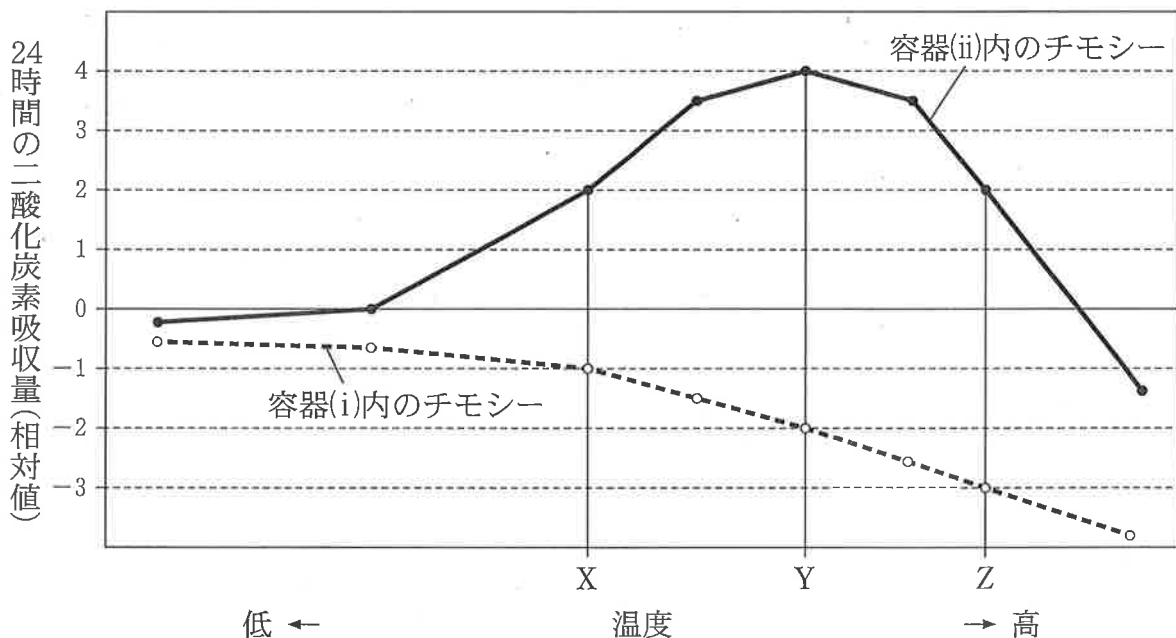
- 1) 90 mg のグルコースが呼吸によって完全に分解されたとき、理論上最大何 kJ のエネルギーが ATP として蓄積されるか、四捨五入によって小数点以下 2 桁まで答えなさい。なお、ADP とリン酸が結合し ATP が合成される反応では、1 mol の ATP あたり 30.5 kJ のエネルギーが分子に蓄積される。また、原子量は $\text{H} = 1$, $\text{C} = 12$, $\text{O} = 16$ とする。
- 2) アルコール発酵とは、酸素の消費なしに基質であるグルコースからアルコールと ATP を合成する代謝であり、その反応は次の式で表される。



酵母菌は、呼吸とアルコール発酵の 2 つの手段により ATP を合成できるが、酸素濃度が十分な環境ではアルコール発酵をあまり行わず、主に呼吸により ATP の合成を行う。このことは、酵母菌の生存に有利と考えられるが、その理由を「呼吸では、アルコール発酵に比べて」に続けて、「基質」と「ATP」という語句を用いて 40 字以内で説明しなさい。なお、これらの語句は繰り返し用いてもかまわない。

問 4 北海道で栽培される牧草の一つにチモシーがある。同じサイズのチモシーを、2つの密閉した容器(i)と(ii)に入れて実験を行った。容器(i)については24時間遮光し、容器(ii)については12時間光照射した後に12時間遮光した。そして、実験開始から24時間後の容器内の二酸化炭素濃度を測定することで、それぞれの容器内のチモシーの見かけ上の二酸化炭素吸収量を、光合成による二酸化炭素吸収量と呼吸による二酸化炭素放出量の総和に基づいた相対値で示した。なお、容器内の二酸化炭素濃度は光合成の限定要因にはならない程度に高く、光照射時の照度はチモシーの光飽和点を上回る強さに設定した。

- 1) 容器(i)と(ii)をさまざまな温度条件下に置いて実験を行ったところ、容器内のチモシーの見かけ上の二酸化炭素吸収量は、それぞれ次のグラフのようになった。



- ① 容器(ii)内のチモシーの、温度 X, Y, 及び Z における光合成速度の大小関係として最も適切なものを、次の a) ~ i) より一つ選び記号で答えなさい。なお、光合成速度は光合成による二酸化炭素の総吸収量によって表す。

- | | | |
|----------------|----------------|----------------|
| a) $X > Y > Z$ | b) $X > Z > Y$ | c) $X > Y = Z$ |
| d) $Y > X > Z$ | e) $Y > Z > X$ | f) $Y > X = Z$ |
| g) $Z > X > Y$ | h) $Z > Y > X$ | i) $Z > X = Y$ |

- ② 容器(ii)の温度を、12 時間の光照射時には Y とし、その後の 12 時間の遮光時には X, または Z にした。遮光時の温度が X, 及び Z のときの、実験を行った 24 時間における見かけ上の二酸化炭素吸収量を、グラフ中の相対値を用いてそれぞれ小数点以下 1 桁まで答えなさい。

- 2) チモシーを、夜間の気温のみが異なるいくつかの牧草地で栽培したところ、夜間の気温が高い牧草地のチモシーほど、茎や葉に含まれる炭水化物の量が少なかった。その理由を下の括弧内の全ての語句を用いて 80 字以内で説明しなさい。なお、これらの語句は繰り返し用いてもかまわない。

[光合成, 呼吸, 炭水化物]

問題 9 (数 学)

点 $(0, -1)$ と点 $(0, 1)$ をそれぞれAとBで表す。直線 $L: y = ax + b$ は点Aを通り、直線 L と曲線 $C: y = x^2$ は共有点 $D(x_1, y_1)$ と共有点 $E(x_2, y_2)$ をもつ。三角形ABDの外接円の面積を S_1 とし、三角形ABEの外接円の面積を S_2 とする。また、 $\angle DAB$ の大きさを θ で表し、 $0 < x_1 \leq x_2$ とする。次の各問に答えなさい。

問 1 (1) b の値を求めなさい。

(2) a を x_1 の式で表しなさい。

(3) a の値の範囲を求めなさい。

問 2 $x_1 = x_2$ とする。

(1) x_1 と y_1 の値をそれぞれ求めなさい。

(2) 線分ADの長さを求めなさい。

(3) $\tan \theta$ と $\tan 2\theta$ の値をそれぞれ求めなさい。

問 3 $x_1 = \frac{1}{2}$ とする。

(1) y_1, x_2, y_2 および $\sin \theta$ の値をそれぞれ求めなさい。

(2) 線分BDと線分BEの長さをそれぞれ求めなさい。

(3) 三角形ABDの外接円の方程式を求めなさい。

(4) $\log_2 S_2 - \log_2 S_1$ の値を求めなさい。

問題10 (数 学)

関数 $g(x) = ax^3 + bx^2 + cx$ の導関数 $g'(x)$ を $h(x)$ とおく。

関数 $f(x) = x^2 - 4x$ と関数 $h(x)$ を用いて

$$y = \begin{cases} f(x) & (x < 0, \ 3 < x) \\ h(x) & (0 \leq x \leq 3) \end{cases}$$

で表される曲線を C_0 とし、直線 L の方程式を $y = (t - 4)x$ とする。

ただし、 a, b, c は定数であり、 $t > 0$ とする。次の各問に答えなさい。

問 1 $a = 1$ とし、関数 $g(x)$ は $x = 3$ で極小値 0 をとる。

- (1) b と c の値をそれぞれ求めなさい。
- (2) $-1 \leq x \leq 3$ における関数 $g(x)$ の最大値と最小値をそれぞれ求めなさい。
- (3) 点 $(0, -3)$ から曲線 $y = h(x)$ に引いたすべての接線の方程式をそれぞれ求めなさい。

問 2 $a = -\frac{1}{3}$, $b = 1$, $c = 0$ とし、直線 L と曲線 C_0 は異なる 3 つの共有点をもつ。また、連立不等式

$$\begin{cases} y \leq h(x) \\ y \geq (t-4)x \end{cases}, \quad \begin{cases} y \geq f(x) \\ y \leq h(x) \\ y \leq (t-4)x \end{cases}, \quad \begin{cases} y \geq f(x) \\ y \geq h(x) \\ y \leq (t-4)x \end{cases}$$

の表す領域の面積をそれぞれ t の関数として $S_1(t)$, $S_2(t)$, $S_3(t)$ とする。

- (1) 関数 $h(x)$ を求めなさい。
- (2) t の値の範囲を求めなさい。
- (3) $S_1(t) + S_2(t)$ の値を求めなさい。
- (4) $S_2(t) + S_3(t)$ を t の式で表しなさい。
- (5) $S_1(t) = S_3(t)$ となるような t の値を求めなさい。