



理 科

(120 分)

環境科学部・工学部・人間文化学部

物理(1～8 ページ) 化学(9～18 ページ) 生物(19～31 ページ)

注 意 事 項

1. 解答開始の合図があるまで、この問題冊子および解答冊子の中を見てはいけません。
2. 問題は物理 4 題、化学 4 題、生物 4 題ありますが、志望学部学科によって解答する科目・問題が異なるので注意しなさい。指定されていない科目・問題を解答しても採点しません。
3. 環境科学部(環境生態学科)を受験する者は、次の科目・問題を解答しなさい。
 - ・物理、化学、生物のうちから 2 科目選択しなさい。
 - ・物理を選択する場合、「物理問題Ⅰ」、「物理問題Ⅱ」の 2 題を解答しなさい。
 - ・化学を選択する場合、「化学問題Ⅰ」、「化学問題Ⅱ」の 2 題を解答しなさい。
 - ・生物を選択する場合、「生物問題Ⅰ」、「生物問題Ⅱ」の 2 題を解答しなさい。
4. 環境科学部(環境建築デザイン学科)を受験する者は、次の科目・問題を解答しなさい。
 - ・物理のみ解答しなさい。
 - ・「物理問題Ⅰ」～「物理問題Ⅳ」の 4 題を解答しなさい。
5. 環境科学部(生物資源管理学科)を受験する者は、次の科目・問題を解答しなさい。
 - ・物理、化学、生物のうちから 1 科目選択しなさい。
 - ・物理を選択する場合、「物理問題Ⅰ」～「物理問題Ⅳ」の 4 題を解答しなさい。
 - ・化学を選択する場合、「化学問題Ⅰ」～「化学問題Ⅳ」の 4 題を解答しなさい。
 - ・生物を選択する場合、「生物問題Ⅰ」～「生物問題Ⅳ」の 4 題を解答しなさい。
6. 工学部(材料科学科)を受験する者は、次の科目・問題を解答しなさい。
 - ・物理、化学のうちから 1 科目選択しなさい。
 - ・物理を選択する場合、「物理問題Ⅰ」～「物理問題Ⅳ」の 4 題を解答しなさい。
 - ・化学を選択する場合、「化学問題Ⅰ」～「化学問題Ⅳ」の 4 題を解答しなさい。

この注意事項は、問題冊子の裏表紙にも続きます。問題冊子を裏返して必ず読みなさい。

7. 工学部(機械システム工学科・電子システム工学科)を受験する者は、次の科目・問題を解答しなさい。
 - ・物理のみ解答しなさい。
 - ・「物理問題Ⅰ」～「物理問題Ⅳ」の4題を解答しなさい。
8. 人間文化学部(生活栄養学科)を受験する者は、次の科目・問題を解答しなさい。
 - ・化学のみ解答しなさい。
 - ・「化学問題Ⅰ」～「化学問題Ⅳ」の4題を解答しなさい。
9. 解答開始後、選択した科目の解答冊子の表紙所定欄に受験番号、氏名をはっきり記入しなさい。表紙にはこれら以外のことを書いてはいけません。選択しなかった科目の解答冊子は、試験終了20分前に回収します。
10. 解答は、すべて解答冊子の指定された箇所に記入しなさい。解答に関係のないことを書いた答案は無効にすることがあります。
11. 解答冊子は、どのページも切り離してはいけません。解答のための下書き・計算などには、解答冊子の下書き用ページを使いなさい。
12. 試験終了後、問題冊子は持ち帰りなさい。選択した科目の解答冊子を持ち帰ってはいけません。

物 理

物理問題 I

次の文を読んで、 に適した式または数値を解答欄に記入せよ。また、問1～問3に答えよ。なお、重力加速度の大きさは g [m/s²] とする。

図1に示すように、水平な床の上に大きさを無視できる二つの小物体A、Bがあり、それぞれの質量は m [kg]、 $3m$ [kg] である。二つの小物体は、床上の同一直線上を移動するものとする。その直線に沿って、 x 座標を右向き正となるように定義する。また、床は $x < 0$ ではなめらかで、 $x \geq 0$ (図1の斜線部) ではあらい。 $x \geq 0$ では、小物体と床との間の動摩擦係数は μ である。はじめ、二つの小物体は $x < 0$ の位置にある。

小物体Aに右向きに初速度 v_0 [m/s] を与え、静止している小物体Bに衝突させる。衝突は弾性衝突とする。衝突後、小物体Bは右向きに移動し、やがて $x = L$ [m] の位置で静止した。

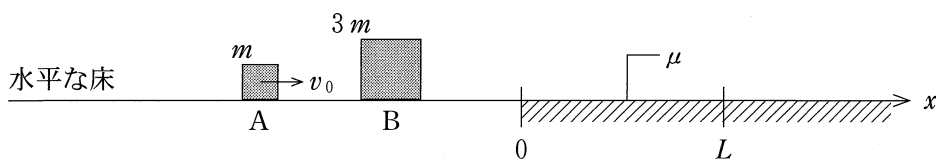


図1

二つの小物体が衝突する直前、小物体Aの運動量は ア [kg·m/s]、小物体Bの運動量は イ [kg·m/s] である。また、小物体Aの運動エネルギーは ウ [J] と表せる。

衝突直後の小物体Aの速度を v_A [m/s]、小物体Bの速度を v_B [m/s] とする。衝突直後の二つの小物体の運動量の総和は、 m 、 v_A 、 v_B を用いて エ [kg·m/s] と

表せる。また、二つの小物体の運動エネルギーの総和は、 m 、 v_A 、 v_B を用いて
オ [J]と表せる。

問 1 衝突直後の小物体 A の速度 v_A および小物体 B の速度 v_B を、 v_0 を用いて表
せ。解答には導出の過程も示すこと。

小物体 B は、 $x \geq 0$ では、移動する向きと反対向きに床から動摩擦力を受ける。こ
のとき、小物体 B の加速度を a (右向きを正とする) とおくと、小物体 B の運動方程
式は、

$$3ma = \text{カ}$$

と表せる。また、小物体 B が静止するまでの間に、小物体 B が床から受ける動摩擦
力によりされた仕事の大きさは、 μ 、 m 、 g 、 L を用いて **キ** [J]と表せる。

問 2 小物体 B が静止する位置 L を g 、 μ 、 v_0 を用いて表せ。また、小物体 B が
 $x = 0$ の位置を通過してから、 $x = L$ の位置に到達するまでの時間を g 、 μ 、 v_0
を用いて表せ。解答には導出の過程も示すこと。

問 3 小物体 A と小物体 B の衝突後、小物体 B を $x \geq 2L$ の位置に移動させたい。
そのための、小物体 A に与える初速度 v [m/s] の最小値を g 、 μ 、 L を用いて表
せ。

物理問題 II

次の文を読んで、 に適した式または数値を解答欄に記入せよ。
{ } には最も適した語句を、本問題末の語群から選んで解答欄に記入せよ。また、問1および問2に答えよ。

図1のように、起電力が E (V) の電池，抵抗値がそれぞれ R_1 ， R_2 ， R_3 (Ω) の3個の電気抵抗，極板間が真空で電気(静電)容量が C (F) の平行板コンデンサー，およびスイッチ S_1 ， S_2 からなる回路がある。初期状態において S_1 と S_2 は開いており，コンデンサーには電荷は蓄えられていない。

- (1) この初期状態から， S_1 を閉じた直後において，コンデンサーの電気量は ア [C] であり，コンデンサーの極板間の電位差は イ [V] である。したがって， S_1 を閉じた直後において R_1 に流れる電流は ウ [A] となる。その後，コンデンサーの充電が進むと，極板間の電位差は { エ } となり， R_1 と R_2 に加わる電圧はともに { オ } となる。極板間の電位差と E が等しくなると充電は終了し， R_1 に流れる電流は カ [A] となる。このとき，コンデンサーの電気量は キ [C]，コンデンサーに蓄えられる静電エネルギーは ク [J] と表せる。

問1 S_1 を閉じて，コンデンサーの充電を開始してから終了するまでに， R_1 に流れる電流， R_1 に加わる電圧，およびコンデンサーの極板間の電位差の時間変化の様子を，それぞれ解答欄に図示せよ。

- (2) (1) の操作の後， S_1 は閉じたまま， S_2 を閉じた。その後じゅうぶん時間が経過したとき， R_1 に流れる電流は ケ [A] となる。また，コンデンサーの極板間の電位差は コ [V] となるので，コンデンサーの電気量は サ [C] と表せる。

さらに， S_2 は閉じたまま S_1 を開くと，その直後に R_3 を流れる電流は

[A]となる。その後じゅうぶん時間が経過したとき、コンデンサーに蓄えられる静電エネルギーは [J]となる。

(3) つづいて、 S_2 は閉じたまま、 S_1 を閉じ、その後じゅうぶん時間が経過した。コンデンサーの極板間の距離 d [m]をゆっくり縮めて $\frac{1}{3}d$ [m]とした後の、コンデンサーの電気容量は [F]になるので、コンデンサーの電気量(電荷の量)は する。したがって、極板間の距離を縮め始めた時から縮め終わってじゅうぶん時間が経過した時までには、 R_2 を通過する電荷の量は [C]となり、 R_2 には図1の 向きに電流が流れる。

問2 コンデンサーの極板間の距離を $\frac{1}{3}$ 倍にすると、コンデンサーの電気容量は変化する。この変化量と同じだけコンデンサーの電気容量を変化させる他の方法について、1つ具体的に述べよ。

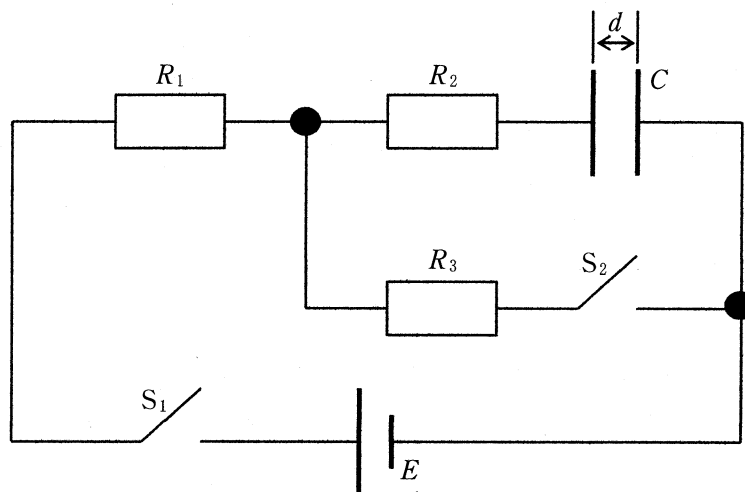


図1

[語群]

大きく 小さく 等しく 増加 減少
右から左 左から右 下から上 上から下

物理問題 III

次の文を読んで、 に適した式を、 $\{ \quad \}$ には適した語句を解答欄に記入せよ。また、問1および問2に答えよ。問2には導出過程も示して答えよ。なお、音の速さを V [m/s] とする。

- (1) 観測者 P が駅のホームで静止しているとき、停車中の電車1が警笛を鳴らした。警笛の振動数が f [Hz] のとき、P が観測した警笛の周期は ア [s]、警笛の波長は イ [m] である。

電車1が警笛を止めて駅を出発した後、Pがホーム上で静止し続けていると、速さ v_2 [m/s] ($v_2 < V$) で走行する電車2が f [Hz] の警笛を鳴らし続けながら P に近づき、ホームを通過した。電車2の通過するレールと P の距離が無視できるほどに小さいとすると、電車2が P に近づいてくるときに P が観測した警笛の振動数は ウ [Hz]、電車2が P から遠ざかっていくときに P が観測した警笛の振動数は エ [Hz] となる。このような現象を $\{ \quad \}$ という。

問1 観測者 P の観測した電車2の警笛の振動数と時刻の関係を解答欄のグラフに示し、グラフの縦軸には目安となる目盛りを記入せよ。ただし、電車2が P の目前を通過する瞬間の時刻を t_0 [s] とする。

- (2) 図1のように踏切から L [m] 離れた位置に観測者 Q が静止している。電車3は図1の右向きに速さ v_3 [m/s] ($v_3 < V$) で f [Hz] の警笛を鳴らし続けながら走行する。Q は電車3が踏切を通過する前のある時刻 ($t = 0$ s) から警笛の振動数を観測しており、電車3が踏切を通過した瞬間の時刻は t_c [s] であった。電車3の踏切通過前のある時刻 t ($t < t_c$) において、踏切と電車3の距離は カ [m] であるから、電車3と Q の距離は キ [m] である。したがって、時刻 t に鳴った警笛は Q に ク 秒後に届く。また、時刻 t ($t < t_c$) において、図1に示す電車3の速度(速さ v_3) の Q 方向の成分 v_Q は ケ [m/s] であるから、Q に届いた警笛の振動数は v_Q も用いて コ [Hz] となる。

問 2 電車 3 の警笛の振動数 $f = 450 \text{ Hz}$ 、音の速さ $V = 340 \text{ m/s}$ のとき、観測者 Q が観測した振動数は図 2 のようになった。時刻 $t = 100 \text{ s}$ のときに電車 3 が踏切を通過し、その前後 1 秒間の t と振動数の関係を拡大したグラフを図 3 に示す。図 2 および図 3 を利用して L および v_3 を求めよ。ただし、電車 3 が踏切から L に比べてじゅうぶんに離れているとき、踏切と電車 3 の距離に対して L は無視できるほどに小さく、 v_Q は v_3 に等しいと考えてよい。

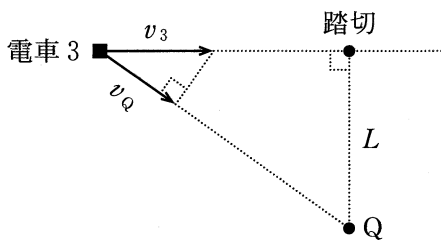


図 1

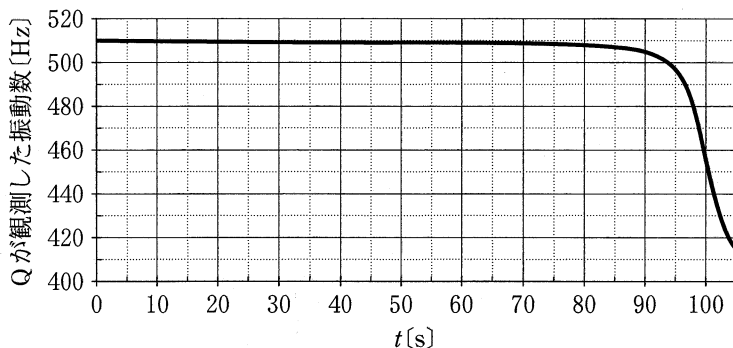


図 2

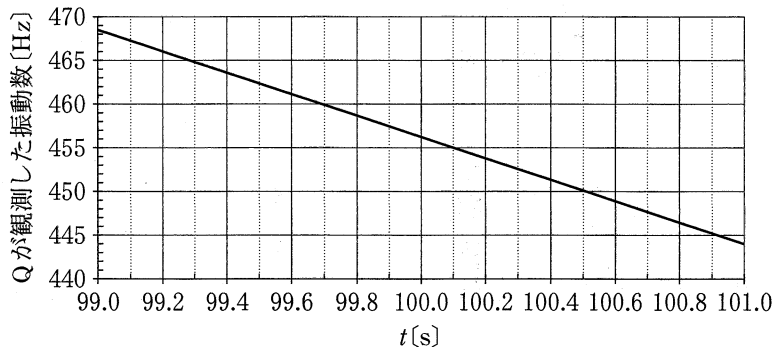


図 3

物理問題 IV

次の文を読んで、 に適した式または数値を解答欄に記入せよ。また、問1および問2に答えよ。なお、気体は理想気体とし、大気圧を p_A [Pa]、気体定数を R [J/(mol·K)]、気体の定圧モル比熱を C_p [J/(mol·K)]、定積モル比熱を C_v [J/(mol·K)] とする。

水平面に固定されたシリンダー内に、なめらかに動く面積 S [m²] のピストンがある。シリンダーとピストンは断熱材で作られており、シリンダー内には、加熱用のヒーターが取り付けられている。ヒーターで発生した熱量はすべて気体に与えられ、ヒーターの体積および熱容量は無視できるものとする。図1に示すように、シリンダー内に、圧力 p_A [Pa] の気体 1 mol をピストンによって閉じ込めたところ、気体の体積は V_A [m³] であった。この状態を状態 A とする。

- (1) 図1に示すように、ピストンに取りつけた棒を壁にあてて、ピストンが右に動かないようにして、状態 A の気体にヒーターで Q [J] の熱量を与えたところ、気体の温度が ア [K] 上昇し、圧力が イ [Pa] 上昇した。この状態を状態 B とする。状態 B でピストンが棒を押す力は ウ [N] である。状態 A から状態 B に変化する間に気体が外部にした仕事は エ [J] であるので、気体に与えた熱量 Q と気体の内部エネルギーの変化 ΔU [J] の関係は

$$\Delta U = \text{オ} \quad \text{式 1}$$

となる。したがって、状態 A から状態 B に変化する間に気体の温度が ΔT [K] 上昇したとすると、 ア および式 1 より、

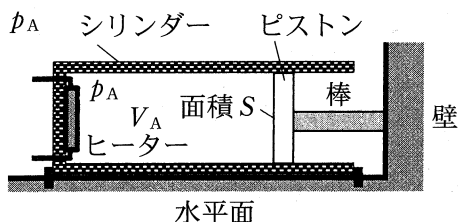


図 1



図 2

$$\Delta U = \boxed{\text{カ}} \times \Delta T \quad \text{式 2}$$

を得る。


- (2) 一方、図 2 に示すように、図 1 の棒を取りはずしてピストンが自由に動ける状態で、状態 A の気体に、ヒーターで Q [J] の熱量を与えたところ、気体の温度が $\boxed{\text{キ}}$ [K] 上昇し、体積が $\boxed{\text{ク}}$ [m³] 増えて、ピストンが $\boxed{\text{ケ}}$ [m] 移動した。この状態を状態 C とする。状態 A から状態 C に変化する間に気体が外部にした仕事は $\boxed{\text{コ}}$ [J] である。したがって、状態 A から状態 C に変化する間に気体の温度が ΔT [K] 上昇したとすると、下線部(a)の結果より、

$$Q = \boxed{\text{サ}} \times \Delta T \quad \text{式 3}$$

を得る。また、シリンダー内部の気体がされた仕事 W [J] は、気体がされた仕事を正とすると、下線部(a)および(b)の結果より、

$$W = \boxed{\text{シ}} \times \Delta T \quad \text{式 4}$$

と表される。

- 問 1 解答欄の p - V 図に、状態 A、状態 B および状態 C を ● 点で示して、さらに、状態 A から状態 C に変化する間に気体が外部にした仕事を表す領域を斜線 () で示せ。

- 問 2 熱力学第一法則を言葉(文章)で説明せよ。次に、その内容を本問題で既出の記号を用いて式で示せ。

さらに、これまでに求めた結果と「気体の内部エネルギーと絶対温度の関係」から、気体定数 R [J/(mol·K)]、定圧モル比熱 C_p [J/(mol·K)] および定積モル比熱 C_v [J/(mol·K)] の関係(マイヤーの関係)を導出せよ。ただし、これまでに求めた式および式番号を用いてもよい。

化 学

化学問題 I

次の文を読んで、問1～問3に答えよ。必要であれば、原子量として $H = 1.0$, $He = 4.0$, $C = 12.0$ を、気体定数として $8.30 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{mol} \cdot \text{K})$ を用いよ。なお、気体はすべて理想気体とする。解答の数値は有効数字2桁で示せ。

私たちの住む太陽系には、特徴の大きく異なる2種類の惑星群が存在する。その特徴の違いは惑星の形成の過程に由来し、「地球型惑星」と「木星型惑星」に分類される。図1は、後者の構造を模式的に示した図である。木星型惑星に分類される木星や土星などが形成されるときには、地球などに比べて太陽からの距離が長いため、太陽から放射されたエネルギーの影響が小さく、惑星の温度の上昇が抑えられた。^(a) このため、水やメタンなどが岩石とともに固化し、現在の惑星の中心(核)が形成されたと考えられている。この核が地球のサイズより大きくなると、惑星はその重力によって周囲のガスをも取り込み、厚い大気をもつ巨大なガス惑星となる。さらに惑星が大きくなると、重力により内部の圧力が上昇し、気体成分はもはや気体では存在できなくなり、液体へと状態変化する。^(b) さらに中心付近では非常に高圧になるため、金属状態の水素^(c)が主な物質として存在していると推測されている。

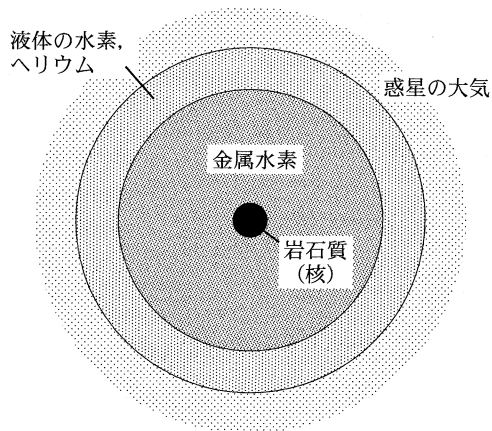


図1 木星型惑星の断面の模式図

問1 下線部(a)について、太陽が放射するエネルギーは常に太陽の内部でつくられている。その主なエネルギー源は、水素の原子核(陽子)どうしの反応(核融合)であると考えられている。この反応の過程では、 ${}^1_1\text{H}$ から質量数の異なる水素 ${}^2_1\text{H}$ (重水素) が生成する。

- i) ${}^1_1\text{H}$ と ${}^2_1\text{H}$ のような関係は、互いに何と呼ばれるか。最も適切な語を記せ。
- ii) 現在、核融合によって、太陽の内部では He が生成されている。解答欄の 中に、中性子の数が2のヘリウムとなるよう、適切な数字を記せ。

問 2 下線部**(b)**について、ある木星型惑星表層を調べた結果、平均的な温度圧力条件での大気は、水素(分子)、ヘリウム、メタンからなり、それぞれ 82 %、16 %、2 % (質量分率)であった。実際の惑星表層では、場所によって温度が異なる。以下の i) ~ iv) に答えよ。

i) 図 2 は水素(分子)、ヘリウム、メタンの蒸気圧曲線である。この惑星表層、73 K、 70×10^3 Pa の場所の大気に含まれる分子をすべて分子式で答えよ。なお、図中の●で示された点以下の温度ではメタンは固体として存在する。

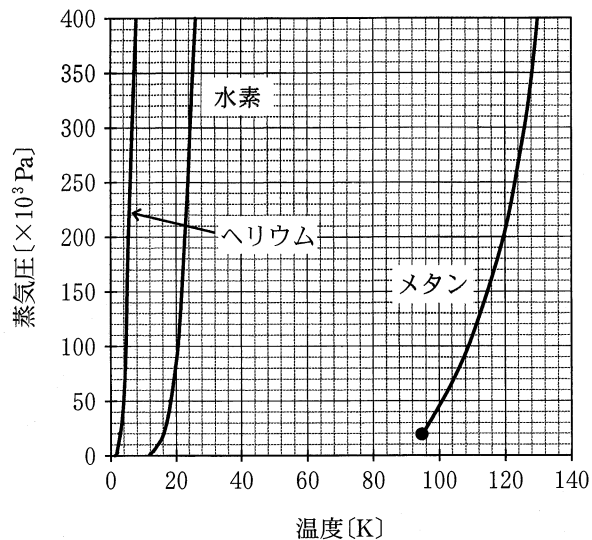


図 2 水素(分子)、ヘリウム、メタンの蒸気圧曲線

- ii) この惑星表層、平均的な温度圧力条件の大気を調べたところ、120 K の場所の大気 10 L の質量は 1.00 g であった。この場所の大気的全圧および大気中の水素の分圧を求めよ。導出過程も記せ。
- iii) この惑星の、120 K、 300×10^3 Pa の場所での大気 1.00 g の体積を求めよ。なお、液体が生じた場合は、重力によって完全に大気から取り除かれるものとする。導出過程も記せ。

iv) 実際の木星型惑星に存在するような気体では、惑星表層を除いて、理想気体を対象とする状態方程式の関係は成り立たない。状態方程式の関係が最もよく成り立つ条件を、下の(ア)~(エ)のうちから一つ選び、解答欄に記せ。また、その理由を「分子間力」と「分子の体積」の語句を使って説明せよ。

(ア) 低温低圧 (イ) 低温高圧 (ウ) 高温低圧 (エ) 高温高圧

問 3 下線部(c)について、水素は、圧力の上昇に伴い気体から液体、さらには固体へと変化し、最終的には金属状態の水素が生じると考えられている。金属は自由電子をもつため、高い電気伝導性を示し、延性、展性に富む。なぜ金属はこのような性質を示すか、文章で説明せよ。

化学問題 II

次の文を読んで、問1～問8に答えよ。解答の構造式は図1の例にならって記せ。

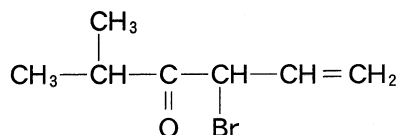
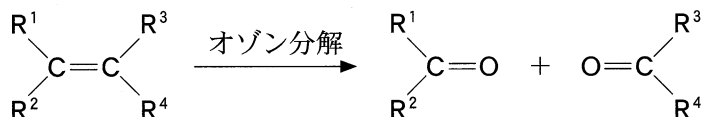


図1 構造式の例

アルカンAの分子は正四面体構造で、その分子が水分子に囲まれた形の固体物質は、将来のエネルギー資源として期待されている。実験室では、Aは酢酸ナトリウム^(a)(無水)と水酸化ナトリウムを加熱して得られる。一般に、直鎖状のアルカンは、炭素原子^(b)の数が増加するにつれて融点や沸点が高くなる。直鎖状アルカンBは常温・常圧で液体(沸点69℃)である。その分子中の水素原子一つが塩素原子に置き換わった化合物Cをある条件で反応させると、HClが脱離してアルケンDとEの混合物^(c)が得られる。1 molのアルケンDをオゾン分解すると、2 molのアルデヒドFが生成する。一方、1 molのアルケンEをオゾン分解すると、2種類のアルデヒドが、それぞれ1 mol得られる。また、D、Eの構造異性体の一つの化合物1 molをオゾン分解すると2 molのアセトンが生成する。Fにヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱しても、変化は見られないが、アルケンEのオゾン分解で得た生成物の一つについて同様の反応を行うと、黄色沈殿^(d)が生成する。さらに、Fを酸化すると、不快な臭いのカルボン酸Gが得られる。なお、アルケンのオゾン分解は、一般に下のような反応式で表される。



(R¹, R², R³, R⁴は、水素原子または炭化水素基を表す)

- 問 1 アルカンAの名称を記せ。
- 問 2 下線部(a)で発生する気体は、上方置換、下方置換、水上置換のいずれの方法を用いて捕集するのが最も適切か、理由とともに記せ。
- 問 3 下線部(b)の理由を 30 字程度で記せ。
- 問 4 下線部(d)の黄色沈殿の化合物の名称を記せ。
- 問 5 下線部(c)の反応は、Clが結合している炭素の隣の炭素に結合している水素が脱離する。アルケンD、Eの構造式を記せ。なお、シストランス異性体(幾何異性体)は考慮しなくてよい。
- 問 6 化合物Fおよびカルボン酸Gの構造式を記せ。
- 問 7 1 mol のアルカンAを完全燃焼させると 890 kJ の熱が発生する。この化学変化を熱化学方程式で表せ。
- 問 8 二酸化炭素は温室効果ガスの一つである。炭化水素化合物をエネルギー資源として使用する場合、二酸化炭素の生成量が少ない方が好ましいという考え方がある。ガソリンなどの燃料に含まれているオクタン(C_8H_{18}) 1 mol を完全燃焼させると 5470 kJ の熱が発生する。上記の観点から考えた場合、アルカンAとオクタンとでは、どちらがエネルギー資源として好ましいか説明せよ。

化学問題 III

次の文を読んで、問1～問6に答えよ。必要であれば、原子量として $H = 1.0$, $C = 12.0$, $O = 16.0$, $Si = 28.0$ を用いよ。アボガドロ定数は $6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$ とする。特に指定がないかぎり、解答の数値は有効数字2桁で示せ。

ケイ素の単体は、二酸化ケイ素 (SiO_2) を炭素で還元することで得られる。

(a)

ケイ素の結晶構造は、図1に示すように正四面体を基本単位とするダイヤモンドと同様の立体網目構造である。

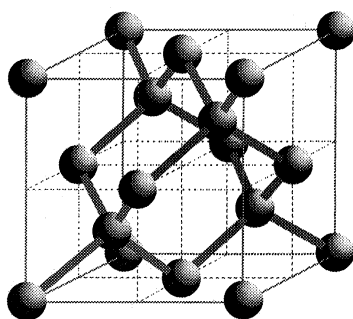


図1 ケイ素結晶の単位格子

ケイ素の酸化物である石英の結晶は、中心に Si 原子、各頂点に四つの O 原子が位置した四面体が基本単位となり、互いに頂点を共有する形で、3次元的に規則正しく配列した構造をしている。石英ガラスもこの四面体を基本単位としているが、アモルファスとよばれる状態の物質である。石英ガラスは Si と O の間の強い共有結合のため、熱的安定性や化学的安定性にすぐれた材料である。二酸化ケイ素 SiO_2 は酸性酸化物であり、一般に酸に対する安定性は高いが、フッ化水素酸とは反応して溶解する性質がある。これは O 原子が電気陰性度のより大きい F 原子に置き換わり、さらに SiF_6^{2-} として安定な錯イオンを形成するためである。

ケイ酸ナトリウムに水を加えて加熱すると、水ガラスとよばれる粘性の大きな液体になる。水ガラスに塩酸を加えるとケイ酸 $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ の白色ゲルが生成し、さらにこれを加熱・乾燥することでシリカゲルが得られる。シリカゲルには、図2のような化学結合が存在している。

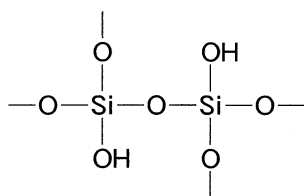
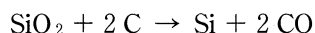


図2 シリカゲルの化学結合

問1 下線部(a)について、ケイ素の単体は次の反応で得られるものとする。



このとき、15.0 gの二酸化ケイ素と、4.32 gの炭素を反応させたときに生じるケイ素単体の物質量を求めよ。計算過程も記せ。

問2 下線部(b)について、ケイ素の単位格子内に含まれる原子の数を求めよ。数値のみ記せ。また単位格子の一辺の長さを $5.40 \times 10^{-8} \text{ cm}$ として、ケイ素の密度を求めよ。計算過程も記せ。

問3 下線部(c)について、アモルファス状態の固体の特徴を構造の観点から説明せよ。

問4 下線部(d)について、以下の条件をもとに Si-O 結合の結合エネルギーを整数値 (kJ/mol) で求めよ。計算過程も記せ。

- ・ SiO_2 (固)の生成熱は 859 kJ/mol である。
- ・ Si 結晶をバラバラの Si 原子の状態にするのに必要なエネルギーは 455 kJ/mol である。
- ・ O_2 (気)の結合エネルギーは 494 kJ/mol である。

問5 下線部(e)について、二酸化ケイ素がフッ化水素酸に溶ける反応の化学反応式を記せ。

問6 下線部(f)について、シリカゲルは乾燥剤として広く用いられている。吸湿性を示す理由を二つ簡潔に説明せよ。

化学問題 IV

次の文を読んで、問1～問7に答えよ。必要であれば、原子量として $H = 1.0$, $C = 12.0$, $N = 14.0$, $O = 16.0$, $S = 32.0$ を、気体定数として $8.30 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ を用いよ。解答の構造式は図1の例にならって記せ。ただし、鏡像異性体(光学異性体)を区別しなくてよい。

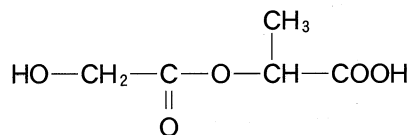


図1 構造式の例

2分子のアミノ酸が結合したものをジペプチド、3分子のアミノ酸が結合したものをトリペプチド、多くのアミノ酸が結合したものをポリペプチドという。タンパク質は多数の α -アミノ酸がペプチド結合で連結した高分子化合物である。^(a)

いま、 α -アミノ酸2分子が結合した化合物Aについて、以下の①～④の実験結果が得られている。

実験結果

- ① 3.80 g の化合物Aを塩酸で加水分解し、得られたアミノ酸を分離・精製してそれぞれ純粋な結晶としたところ、鏡像異性体が存在しない α -アミノ酸B 1.50 g と鏡像異性体が存在する α -アミノ酸Cが得られた。
- ② 化合物Aに水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱し、中和したのちに少量の酢酸鉛(II)水溶液を加えたが、黒色の沈殿は生成しなかった。
- ③ α -アミノ酸Cを無水酢酸でアセチル化したところ分子量が42増加した。
- ④ 過剰のエタノールを用いて α -アミノ酸Cをエステル化したところ分子量が56増加した。

問 1 α -アミノ酸 B の名称と構造式を記せ。

問 2 化合物 A および α -アミノ酸 C の分子量を整数値で求めよ。導出過程も記せ。
ただし、化合物 A はすべて加水分解し、得られた α -アミノ酸 C はすべて結晶になったものとする。

問 3 1 分子の α -アミノ酸 C はどのような官能基を何個もつか。実験結果④からわかる官能基の名称と個数を記せ。

問 4 α -アミノ酸 C の構造式を記せ。

問 5 化合物 A として考えられる物質の構造式をすべて記せ。

問 6 下線部(a)について、 n 個の α -アミノ酸 B が重合してポリペプチドが生じる反応の反応式を示せ。なお、ポリペプチドの末端の構造は無視できるものとする。

問 7 下線部(a)について、 α -アミノ酸 B のみを重合させてポリペプチドが得られたとする。このポリペプチド 1.14 g を水に完全に溶解させ、全体で 500 mL になるようにしたところ、均質な水溶液が得られた。この水溶液はチンダル現象を示さず、その浸透圧は 27 °C では 5.00×10^3 Pa であった。ポリペプチドの末端は電離しないものとして、このポリペプチドの重合度を求めよ。導出過程も記せ。なお、解答の数値は有効数字 2 桁で示せ。

生 物

生物問題 I

次の文を読んで、問1～問5に答えよ。

滋賀県において屋外でイチゴを栽培した場合、一般に春から夏にかけて茎や葉が旺盛に発達し、秋に花芽形成が起こる。滋賀県の屋外で栽培していたイチゴを、8月に温度と日長を調節できる部屋に移し、イチゴの花芽形成が誘導される条件を調査した。様々な温度と日長を組み合わせて栽培することにより、花芽形成の誘導に対する温度と日長の影響を調べた。処理期間を4～20日とした。処理後は25℃で24時間連続明期の条件下で栽培し、花芽の形成の有無を調査した。

問1 下に示した図1は、10℃と31℃で日長の処理を行った結果を示したものである。図1から読み取れる、イチゴの花芽形成に及ぼす温度と日長の影響について説明せよ。

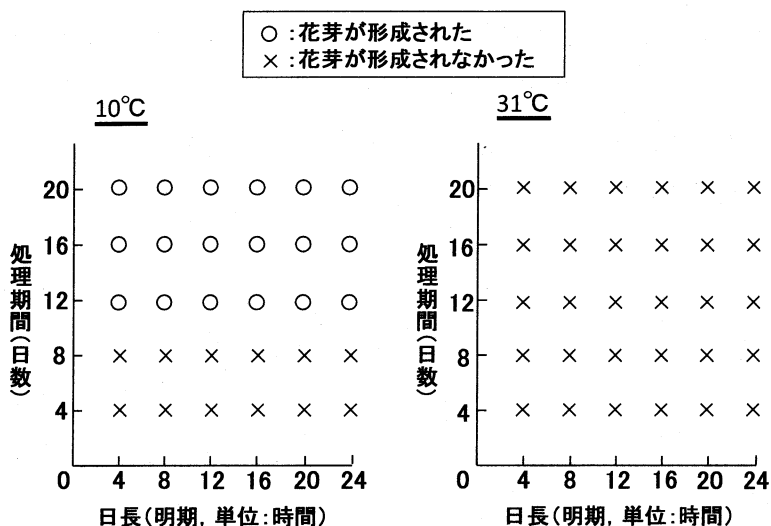


図1 10℃または31℃での日長の処理が花芽の形成に及ぼす影響

問 2 下に示した図 2 は、17℃ と 24℃ で日長の処理を行った結果を示したものである。図 2 から読み取れる結果を記述した文章として適当なものを、下の①～⑤のうちから二つ選び、番号で答えよ。

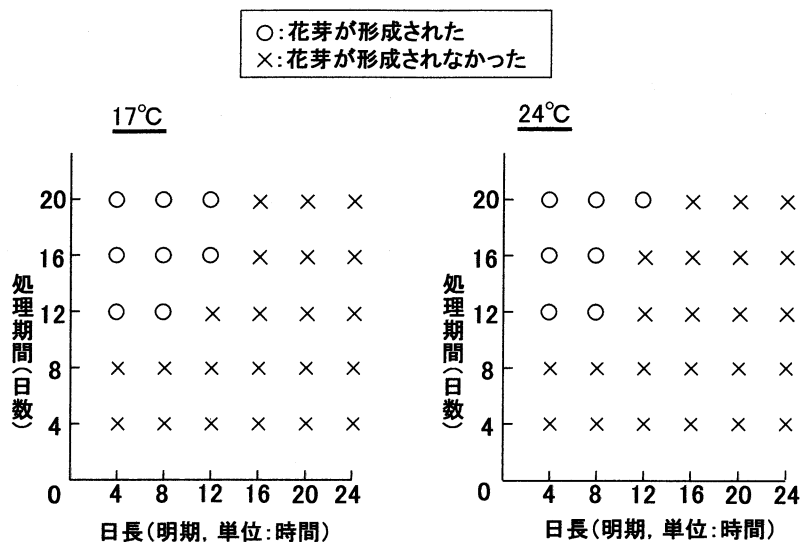


図 2 17℃ または 24℃ での日長の処理が花芽の形成に及ぼす影響

- ① 17℃ と 24℃ のいずれの場合でも、限界暗期は 8～12 時間の範囲内に存在する。
- ② 17℃ と 24℃ のいずれの場合でも、限界暗期は 12～16 時間の範囲内に存在する。
- ③ 17℃ と 24℃ のいずれの場合でも、限界暗期は 16～24 時間の範囲内に存在する。
- ④ 17℃ と 24℃ のいずれの場合でも、短日処理により花芽形成は促される。
- ⑤ 17℃ と 24℃ のいずれの場合でも、長日処理により花芽形成は促される。

問 3 12 時間日長の処理を行った場合の、花芽形成に及ぼす温度の影響を表した図を作成したい。図 1 と図 2 のデータをもとに、解答欄の図の中に、○と×を書き込み、図を完成させよ。なお、図 1 や図 2 と同様に、○は花芽が形成されたことを示し、×は花芽が形成されなかったことを示すものとする。

問 4 問 3 で作成した図から読み取れる，花芽の形成に影響を及ぼす温度と処理期間との関係について述べよ。

問 5 今回の実験で用いたイチゴを滋賀県の自然条件下で栽培した場合，一般に 9 月に花芽を形成し始めるが，その時期は年により変動する。今回の実験結果に基づいて，花芽形成をし始める時期が変動する理由を答えよ。

理科の試験問題は次に続く。

生物問題 II

次の文[A]と[B]を読んで、問1～問7に答えよ。なお、解答の文字数に制限がある場合、2桁以上の数字は1マスに2文字を記入すること(例：「1250」→2マス，「150」→2マス，「50」→1マス)。

[A]

野外で生物の個体数を知る方法として標識再捕法がある。この方法は、人為的に標識された個体が未標識の個体と均一に混じりあうことを前提としている。ある池で魚の一種を450匹捕獲して、標識を付けて再び池に放した。1週間後に同じ池で同じ種を1000匹捕獲したところ、そのうちの25匹に標識があった。標識をつけてから再び捕獲するまでの間に、池から移出入した魚はなく、あらたに生まれた魚も死んだ魚もなく、標識魚と非標識魚の行動や捕獲されやすさにも差がないものとする。

問1 その池における再捕獲時点でのその種の個体数は何匹と推定できるか。推定個体数を求め、推定の過程を説明せよ。

問2 標識再捕法による個体数の推定値は、前述した条件が満たされないと、変わる可能性がある。以下のa～cの条件における個体数の推定値は、問1における個体数の推定値と比較してどのようになるか。予測を解答欄にある過大・過小・不変の中から選んで○で囲み、そのように予測した理由を句読点を含め50字以内で述べよ。

- a 標識をつけた個体は天敵に捕食されやすかった。
- b 標識をつけた個体は泳がずにじっとする傾向があったため、再捕獲されにくかった。
- c 標識をつけた個体も標識をつけていない個体も、同じ確率で天敵に捕食された。

[B]

野外でこの魚の行動を観察したところ、天敵である鳥に対する警戒、同種他個体に対する攻撃、およびエサ採りの3つの活動のみに時間を使っていることがわかった。鳥に対する警戒行動には、警戒行動を行った個体のエサ採りの時間を減らす効果があったが、その警戒行動を認知した周囲の他個体にとってはその捕食リスクを下げる効果があった。同種他個体に対する攻撃行動には、攻撃した個体および攻撃された個体のエサ採りの時間を減らす効果があった。個体数が増えるにつれて個体あたりの警戒行動の時間は減少したが、攻撃行動の時間は増加した。人工的に作製した同じ大きさの池(以下、人工池Aとする)に、体長がほぼ等しい個体を個体数を変えて導入し、天敵である鳥に対する警戒行動と同種他個体に対する攻撃行動に費やす時間について調べた(図1)。なお、この魚の一日あたりの総活動時間は12時間とする。

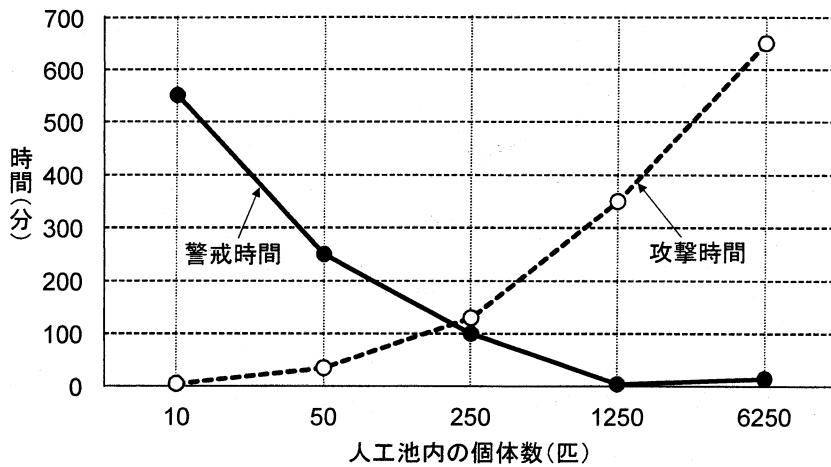


図1 人工池内の魚の個体数を変えたときに観察された、個体あたりの天敵に対する警戒行動の時間(分)と他個体に対する攻撃行動の時間(分)の変化

問 3 天敵への警戒時間および同種他個体への攻撃時間の和と人工池内の個体数の関係を示す折れ線を解答欄のグラフに描き加えよ。

問 4 エサ採りに費やす時間と人工池内の個体数の関係を示す折れ線を解答欄のグラフに描き加えよ。

問 5 問 4 で作成した図にもとづいて、エサ採りに着目した場合の、個体にとっての最適個体数を答えよ。

問 6 以下の文章の ~ に適切な語句や数字を記入し、そのように推定した理由について句読点を含め 120 字以内で述べよ。

個体数が 250 匹の人工池 X と 6250 匹の人工池 Y を短い水路で連結し、人工池間を魚が自由に移動できるようにした。ただし、人工池 X および Y は人工池 A と同じ大きさである。このとき、人工池 Y にいる個体は、人工池 X に移動することでエサ採りの時間が なる。2つの人工池の間で移出入する個体数が釣り合って平衡状態になるのは、人工池 X の個体数が 匹、人工池 Y の個体数が 匹になるときと推定される。

問 7 問 6 と同じように、個体数が 250 匹の人工池 X と 6250 匹の人工池 Y を短い水路で連結し、人工池間を魚が自由に移動できるようにした。人工池 X において、人工池 Y からの移入個体を攻撃して移入を完全に阻止する性質を持った突然変異が一部の個体に生じたと仮定する。この突然変異を持つ個体は移入を阻止するのに一定の時間を使うものと仮定する。この突然変異を持つ個体は、もともとから人工池 X にいた個体への攻撃行動および警戒行動の時間については、突然変異を持たない個体と同じだった。この突然変異を持つ個体は人工池 X では、自然選択で有利か、不利か、あるいは中立かについて理由とともに句読点を含め 200 字以内で述べよ。

理科の試験問題は次に続く。

生物問題 III

次の文を読んで、問1～問5に答えよ。

生物の進化の道筋を樹木状に模式化した図を系統樹という。図1は動物の系統樹の一例である。図中のA～Jは、代表的な分類群を表す。Cの分類群は、口を有するが肛門をもたない種が多い。Gは最も種数の多い動物分類群として知られ、Jは背骨をもつ分類群として知られる。

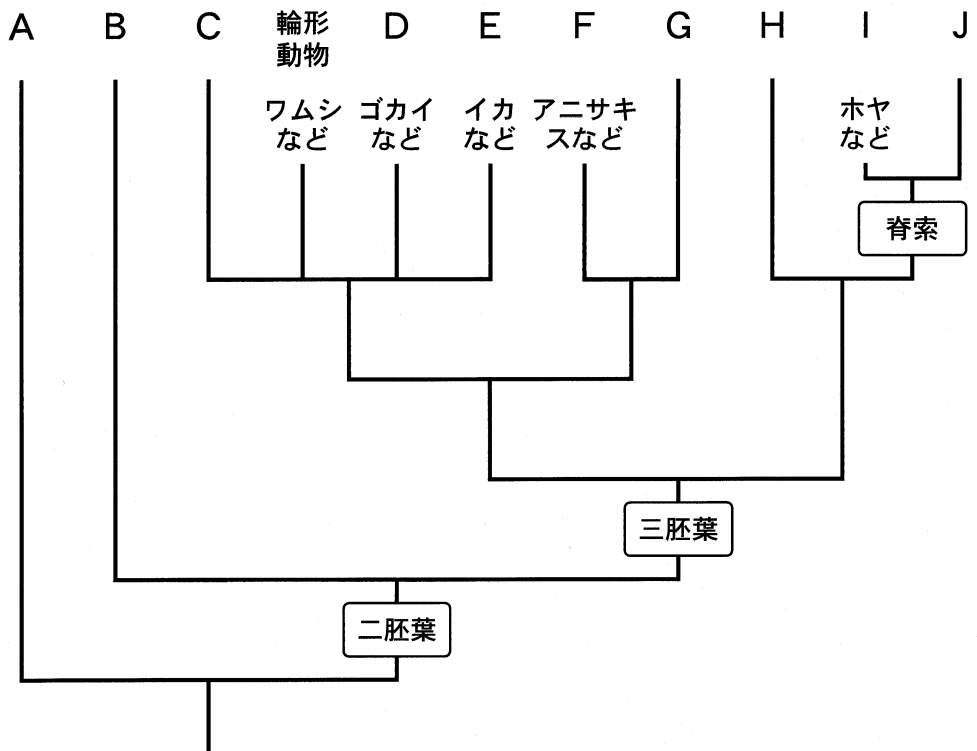


図1 動物の系統樹

問 1 図 1 の A~J の分類群の名前を、 動物という呼称で答えよ。また、以下の動物は A~J のどの分類群に属するか、記号で答えよ。ただし、同じ記号を何度用いてもよい。

クラゲ、プラナリア、ヤドカリ、サンゴ、アサリ、カブトムシ、ウニ、ナマコ、ヒト、イソギンチャク、ミミズ、ザリガニ

問 2 旧口動物と新口動物の違いを簡潔に述べよ。また、新口動物に属する分類群を図 1 の A~J からすべて選び、記号で答えよ。

問 3 図 1 の G の分類群に特徴的な形質(形態や発生の特徴、または生理的な特徴)を 4 つ答えよ。

問 4 図 1 の J の分類群は、5 つの小分類群に分けることができる。そのうち、4 つの小分類群は、一般的に一生あるいはその一部を陸上で送る。それらの 4 つの小分類群の名前を答えよ。

問 5 無顎類は、バージェス動物群やチェンジャン(澄江)動物群で知られる地質時代に出現したと考えられている。この地質時代の名前を 代 紀という呼称で答えよ。また、現存する無顎類の種あるいはその総称を一つ挙げてその名前を答えよ。

生物問題 IV

次の文を読んで、問1～問9に答えよ。

遺伝子や細胞の研究が進むにつれ、人工的に遺伝子をつなぎ合わせたり、細胞や組織を人工的に培養したりする技術が開発された。生物のもつ機能を利用するこのような技術は **ア** と呼ばれる。ある生物の特定の遺伝子を人工的に別の DNA に組み込む操作を **イ** という。**イ** は DNA の特定の塩基配列を切断する酵素である **ウ** と、切断部をつなぐ酵素である **エ** の発見によって大きく発展した。**ウ** や **エ** を用いて、特定の遺伝子を細菌の **オ** と呼ばれる DNA に組み込むことが可能となった。植物細胞の場合、アグロバクテリウムという細菌の **オ** がベクターとしてよく用いられる。アグロバクテリウムは植物病原菌の一種であり、植物に感染すると、自身の **オ** に含まれる遺伝子を植物の DNA に組み込んで、^(a)腫瘍を形成させて寄生する。アグロバクテリウムから **オ** を取り出し、**イ** によって目的の遺伝子を組み込んだ後に、これをアグロバクテリウムにもどして特定の植物細胞に感染させると、目的の遺伝子が植物の DNA に組み込まれる。この植物細胞を培養すると、^(b)目的の遺伝子を導入した植物体が得られる。遺伝子の導入法はアグロバクテリウムを応用する方法以外にもいくつか知られている。現在ではこれらの技術を応用した農作物の改良が進んでいる。^(c)^(d)

問1 文中の **ア** ～ **オ** に適切な語句を入れよ。

問2 下線部(a)について、細菌がこの酵素をもっている利点を説明せよ。

問 3 下線部(a)について、以下の文章の **カ** と **キ** に適切な数字を、**ク** に適切な語句を入れよ。

ウ は DNA 中にある 4～8 塩基対からなる特定の配列を認識し、その部分で DNA を切断する。特定の 4 塩基対からなる配列が DNA 中に出現する頻度は $1 / \text{カ}$ ，特定の 8 塩基対の配列の出現頻度は $1 / \text{キ}$ と期待される。したがって、8 塩基の配列を認識する **ウ** でゲノム DNA を切断すれば、4 塩基の配列を認識する **ウ** で切断した場合よりも、得られる DNA 断片の長さは **ク** となると期待される。

問 4 下線部(b)について、以下の文章の **ケ** ～ **サ** に適切な語句を入れよ。

異種の生物の一方は利益を受け、他方は不利益を受けているものの通常すぐには死亡しない関係を寄生という。このとき、寄生するほうを **ケ**，されるほうを **コ** という。また、異種の生物が、互いに相手の存在によって利益を受けている関係を **サ** という。

問 5 下線部(c)について、この技術を用いた植物の作出には植物の組織や細胞の有する重要な性質が必要である。その性質を何というか。また、その性質を説明せよ。

問 6 下線部(d)について、これらの技術を用いて作られた植物のことを何と呼ぶか。

問 7 下線部(d)について、これらの技術は従来の交配育種による農作物の改良とどう異なるのか、説明せよ。

問 8 下線部(d)について、これらの技術を用いて具体的にどのような性質を有する農作物がつけられたのか、二つ挙げよ。

問 9 下線部(d)について，これらの技術を用いて作られた農作物の実用化を進めるために，どのようなことが課題として考えられているのか，説明せよ。

平成31年度 一般入試 (前期日程)

問題訂正 (理科)

5 ページ 物理問題Ⅲ 問1 上から2行目

(誤) 目安となる目盛りを記入せよ。



(正) 目安となる目盛りと振動数を記入せよ。

7 ページ 物理問題Ⅳ (1) ウ

本来は棒の断面積を無視できるものとして作成していたが、棒の断面積を無視できる旨の情報を示していなかったため、正答が存在しない設問となった。
全員正解扱いとした。