



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(9～20 ページ) 生物(21～32 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 5 題です。
3. 環境科学部(環境生態学科)を受験する者は、物理、化学、生物のうちから 2 科目を選択しなさい。ただし、物理は物理問題Ⅰ・Ⅱ、化学は化学問題Ⅰ・Ⅱ、生物は生物問題Ⅰ、および生物問題Ⅳ・Ⅴから 1 題を選択し、計 2 題を解答しなさい。その他の問題を解答しても採点しません。
4. 環境科学部(環境建築デザイン学科)を受験する者は、物理のみを、全 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、物理、化学、生物のうちから 1 科目を選択しなさい。ただし、物理あるいは化学は全 4 題を解答し、生物は生物問題Ⅰ・Ⅱ・Ⅲの 3 題、および生物問題Ⅳ・Ⅴから 1 題を選択し、計 4 題を解答しなさい。その他の問題を解答しても採点しません。
6. 工学部(材料科学科)を受験する者は、物理、化学のうちから 1 科目を選択し、全 4 題を解答しなさい。
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、物理のみを、全 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、化学、生物のうちから 1 科目を選択しなさい。ただし、化学は全 4 題を解答し、生物は生物問題Ⅰ・Ⅱ・Ⅲの 3 題、および生物問題Ⅳ・Ⅴから 1 題を選択し、計 4 題を解答しなさい。その他の問題を解答しても採点しません。
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、氏名および指定されたこと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 (環境科学部・工学部)

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、導出過程を示して答えよ。なお、ばねの弾性力についてはフックの法則がなりたち、ばね定数を k [N/m] とする。また、ばねは鉛直方向のみに伸び縮みするものとする。さらに、重力加速度の大きさは g [m/s²] とし、空気の抵抗は無視できるものとする。

(1) 図 1 に示すように、水平面上に質量 m [kg] の板 A が置かれており、板 A の上には質量が無視できるばねが鉛直方向に固定されている。このとき、板 A が水平面から受ける垂直抗力の大きさは ア [N] である。

(2) つぎに、板 A と同じ質量 m [kg] の板 B をばねの上端に固定したところ、ばねが自然の長さから縮んだ図 2 の状態で板 B は静止した。このとき、ばねが板 B から受ける力の大きさは イ [N] であり、ばねの自然の長さからの縮みは ウ [m] である。また、板 A はばねから弾性力を受けており、その大きさは エ [N] である。よって、板 A が水平面から受ける垂直抗力の大きさは オ [N] である。

問 1 ばねが自然の長さに戻るまで板 B を鉛直方向に持ち上げて静かにはなしたところ、板 B は単振動をした。ばねの自然の長さからの縮みを x [m]、板 B の速さを v [m/s] とし、 x と v の関係式を導出せよ。さらに、 x の最大値、および v の最大値を求めよ。

(3) 問1で振動していた板Bを静止させ、そのあとでゆっくりと板Bを鉛直方向に持ち上げていく。すると、それにつれてばねは伸びていき、その伸びがある大きさに達したとき板Aが水平面から離れた。板Aが水平面から離れる瞬間の、板Aが水平面から受ける垂直抗力の大きさは [N]である。したがって、この瞬間に板Aがばねから受ける弾性力の大きさは [N]であり、このときのばねの自然の長さからの伸びは [m]である。

問2 図3に示すように、板Bを図2のつりあいの位置よりもさらに鉛直方向に押し下げ、ばねを自然の長さから h [m]だけ縮めて静かにはなした。すると、板Bは上昇してやがてある高さで最高点に達したが、板Aは水平面を離れることはなかった。この場合の h の最大値 h_m [m]を求めよ。

問3 ばねの自然の長さからの縮みが問2で求めた h_m [m]の2倍になるように、板Bを鉛直方向に押し下げて静かにはなしたところ、板Aは水平面を離れて上昇した。この場合の、板Aが水平面を離れる瞬間の板Bの速さ[m/s]を、 k 、 m 、 g を用いて表せ。

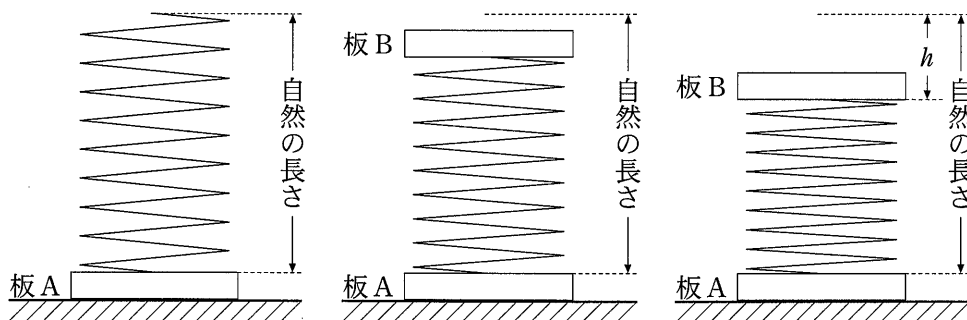


図1

図2

図3

物理問題 II (環境科学部・工学部)

次の文を読んで、 に適した式、角度または数値を、{ } には適した語句を解答欄に記入せよ。< >については解答欄の適する式に○をつけよ。また、問1および問2に答えよ。ただし、問2には導出過程も示せ。空気の屈折率は1とする。

- (1) 空気中に、図1のような直角三角形ABCを断面とするガラス製のプリズムがある。辺ABの長さは l [m]、 $\angle ACB$ は 30° であり、光はこの断面ABCを含む平面上を進むものとする。空気中の光の速さは c [m/s]とし、ガラスの屈折率は $\sqrt{3}$ とする。

図1のように、入射角 60° で、辺ABの中点Dに単色光を入射したところ、光は反射光と屈折光に分かれた。このときの反射角はアで、屈折角はイである。また、プリズム中の光の速さはウ[m/s]である。

つぎに、点Dで屈折した光はプリズム中を進み、辺ACに到達した。光が到達した辺AC上の点を点Eとする。点Eでの入射角 θ_1 はエである。一方、プリズムから空気へ光が進むときの臨界角を θ_0 とすると、 $\sin \theta_0$ はオである。 $\sin \theta_0$ と $\sin \theta_1$ の比較より、<カ： $\theta_1 > \theta_0$, $\theta_1 = \theta_0$, $\theta_1 < \theta_0$ >であるので、光は点Eでキすることがわかる。点Eでキした光は、プリズム中を進み、辺BCに到達した。光が到達した辺BC上の点を点Fとする。点Fでの入射角はクであり、入射光の一部は、点Fから屈折角がケでプリズムを出て空気中を進んだ。一方、点Fで反射した光は、再び辺ACに到達した。光が再び辺ACに到達した点を点Gとする。点Gでの入射角はコである。

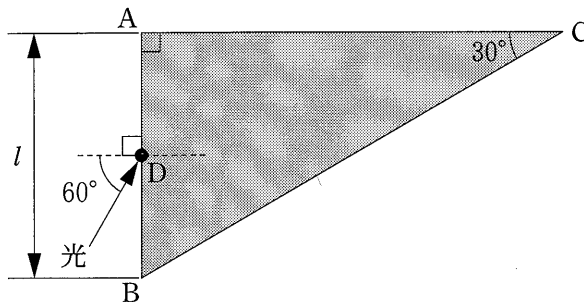


図1

問 1 点Dで屈折した光が、点E, Fを経て、点Gに到達するまでの経路を、点E, F, Gを明示して解答欄の図中に示せ。なお、光の経路を示すのに必要な入射角や反射角は、点Dでの入射角の表示方法を参考にして、すべて図示すること。

問 2 光が点Dに入射してから、点E, Fを経て、点Gに到達するまでの時間を求めよ。

(2) 図2のように、空気中で2枚の平面ガラス板PとQを片側で接触させ、PをQに対して非常に小さな角度 θ だけ傾けた。ガラスPとQの接触点を原点Oとし、Qの上面と平行に x 軸、垂直に y 軸をとる。波長 λ [m]の単色光をガラスPに向かって y 軸と平行に入射し、Pの上方から観察したところ、明暗の縞模様が観察され、 $x = L$ [m] ($L > 0$)の位置では暗線が観察された。ガラスPとQの屈折率はともに n ($n > 1$)である。

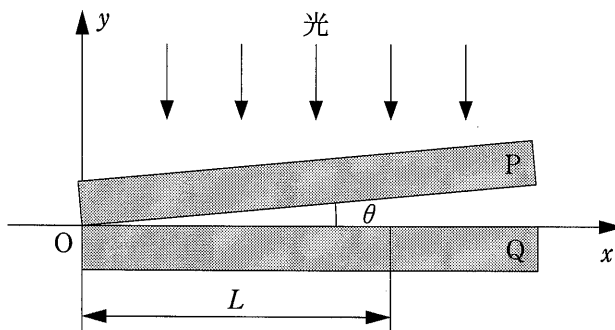


図 2

$x = L$ の位置で暗線が観察されたのは、ガラスPの下面で反射した光とガラスQの上面で反射した光が { サ } して、打ち消しあったためである。ここで、屈折率の大きな媒質から小さな媒質への境界面での反射の前後で位相は同位相となり、屈折率の小さな媒質から大きな媒質への境界面での反射の前後では位相が逆位相となるので、 $x = L$ の位置での2つの反射光の経路差 d [m]は、ある正の整数 m と λ を用いて [m]と表される。また、 d は L と θ を用いて [m]と表される。したがって、隣りあう暗線の間隔は、 λ と θ を用いて [m]と表される。

物理問題 III (環境科学部・工学部)

次の文を読んで、 に適した式を解答欄に記入せよ。また、問1および問2に答えよ。ただし、問2には導出過程も示せ。

図1に示すように、真空中に極板Aおよび極板Bからなる平行板コンデンサーがある。このコンデンサーの極板面積は $S[\text{m}^2]$ 、極板間隔は $d[\text{m}]$ であり、面積 S はじゅうぶん広く、間隔 d はじゅうぶんせまいものとする。また、両極板はつねに平行に保たれているものとする。このコンデンサーは、スイッチと抵抗を介して起電力が $V[\text{V}]$ の電池に接続されている。最初、スイッチは開いており、コンデンサーには電荷がないものとする。なお、真空の誘電率は $\epsilon_0[\text{F/m}]$ とする。

(1) このコンデンサーの電気容量は、 ア [F] である。したがって、スイッチを閉じてからじゅうぶん時間がたつと、コンデンサーには イ [C] の電気量がたくわえられる。また、コンデンサーの極板間の電界の強さは ウ [V/m] となる。

(2) このコンデンサーにたくわえられる静電エネルギーについて考える。スイッチを閉じるとコンデンサーは充電されるが、その過程においてコンデンサーにたくわえられている電気量と極板間の電位差の関係は図2のようになる。充電の途中で極板間の電位差が $V'[\text{V}]$ のとき、微小な電気量 $\Delta q[\text{C}]$ が電池を通してコンデンサーの極板Bから極板Aに移動したとする。このとき、 Δq が微小であれば電位差 V' の変化は無視できるので、コンデンサーにたくわえられている静電エネルギーは $\Delta U =$ エ [J] だけ増加する。したがって、極板間の電位差が0から $V[\text{V}]$ になるまでの、この ΔU の総和がコンデンサーにたくわえられている静電エネルギーになる。

問1 図2において、四角形Oabcの面積は電池がした仕事に相当していると考えられる。このように考えると、三角形Oabの面積および三角形Obcの面積は、それぞれ何に相当しているかを答えよ。

(3) このコンデンサーをじゅうぶん充電したのちにスイッチを開き、そのあとで比誘電率が ϵ_r の誘電体を極板間全体に満たした。このとき、コンデンサーに充電されている電気量は **オ** [C]、コンデンサーの電気容量は **カ** [F]なので、極板間の電位差は、誘電体を満たす前に比べて **キ** 倍になる。

つぎに、スイッチを開いたままで、誘電体を取り除き極板間を真空に戻した。そのあとで、極板間の間隔を d から微小な距離 Δd [m] だけ広げ、 $d + \Delta d$ とした。このとき、コンデンサーの電気容量は、**ク** [F] になるので、コンデンサーにたくわえられている静電エネルギーは、極板間隔を広げる前に比べて、**ケ** [J] だけ増加する。このことから、極板間が真空のコンデンサーにおいて、極板間にはたらく電氣的な引力は **コ** [N] であることがわかる。

その後、スイッチを閉じ、じゅうぶん時間がたったあとで、極板間の間隔を微小な距離 Δd だけせばめ、 $d + \Delta d$ から d に戻した。

問 2 極板間隔を $d + \Delta d$ から d にせばめた場合のコンデンサーにたくわえられている静電エネルギーの変化量を、 Δd の一次式で近似的に表せ。なお、 $\left| \frac{\Delta d}{d} \right|$ が 1 に比べて非常に小さいとき、近似式 $\left(1 + \frac{\Delta d}{d} \right)^{-1} \doteq 1 - \frac{\Delta d}{d}$ が成り立つ。

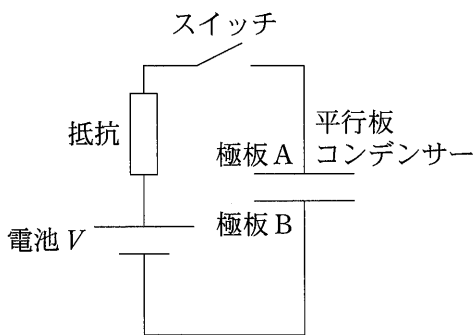


図 1

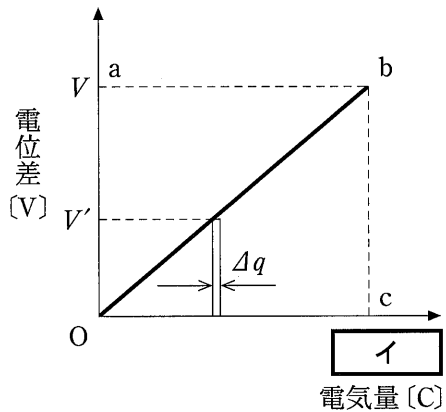


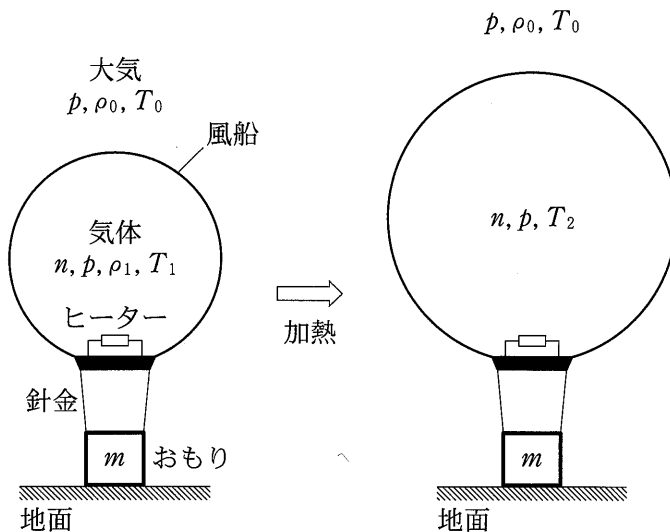
図 2

物理問題 IV (環境科学部・工学部)

次の文を読んで、 に適した式を解答欄に記入せよ。また、問1～問3に答えよ。ただし、問2および問3には導出過程も示せ。なお、気体定数は $R[\text{J}/(\text{mol} \cdot \text{K})]$ 、重力加速度の大きさは $g[\text{m}/\text{s}^2]$ とする。

図のような風船、ヒーター、針金およびおもりからなる熱気球がある。風船とおもりは変形しない針金でつながっており、風船内には物質量 $n[\text{mol}]$ の単原子分子の理想気体が封入されている。風船は気密で、かつ、自由に伸び縮みできる断熱素材でできており、風船内の気体(以後、気体と呼ぶ)をヒーターで加熱すると、周囲の大気と等しい圧力のまま気体を膨張させることができる。以下で、おもりの質量を $m[\text{kg}]$ とし、また、大気の圧力、密度、温度をそれぞれ $p[\text{Pa}]$ 、 $\rho_0[\text{kg}/\text{m}^3]$ 、 $T_0[\text{K}]$ で一定として、熱気球が浮上する条件について考える。ただし、熱気球において、おもりと気体以外は質量が無視でき、気体以外の体積も無視できるものとする。また、ヒーターで発生した熱量はすべて気体に与えられるものとする。

最初、気体の温度は $T_1[\text{K}]$ で、その状態では熱気球は浮上できずに地面上にあった。このとき、圧力は $p[\text{Pa}]$ なので、気体の体積は $[\text{m}^3]$ となる。また、気体の密度を $\rho_1[\text{kg}/\text{m}^3]$ とすると、気体の質量は $[\text{kg}]$ となる。



つぎに、ヒーターで気体を加熱し、気体の温度が T_2 [K] に達したときに加熱を止めた。このとき、熱気球はまだ浮上できずに地面上にあった。このときの熱気球全体に作用する力のつりあいを考える。気体の質量は [kg] で一定なので、熱気球全体にはたらく重力の合計は [N] となる。一方、気体の体積は [m³] なので、アルキメデスの原理より気体にはたらく浮力は [N] となる。したがって、熱気球が地面から受ける垂直抗力を N [N] とすると、熱気球全体にはたらく力のつりあいの式は となる。

この後、再びヒーターで気体を加熱したところ、気体の温度が T_3 [K] になったときに熱気球が地面から浮上し始めた。

問 1 下線部の原理について、句読点を含めて、30 字以上、60 字以内で説明せよ。

問 2 熱気球が浮上し始めたときの気体の温度 T_3 [K] を求めよ。

問 3 最初の状態から熱気球が浮上し始めるまでにヒーターが発生した熱量 [J] を、熱力学の第一法則により求め、 n , R , T_1 , T_3 を用いて表せ。

化 学

化学問題 I (環境科学部・工学部・人間文化学部)

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 $H = 1.0$, $O = 16.0$, $S = 32.0$, $Ca = 40.0$ を用いよ。解答の数値は有効数字2桁で記せ。

シュウ酸は植物に含まれている2価のカルボン酸である。過剰摂取すると体内でカルシウムイオンを奪い、さらに水に難溶のシュウ酸カルシウムを生じて種々の障害を起こす。一方で医薬品や染料の原料、金属の洗浄剤など様々な用途がある。また化学分析ではシュウ酸二水和物を溶液とし、還元剤として二クロム酸カリウムや過マンガン酸カリウム水溶液と反応させ、これらの濃度を定める標準物質に用いる。

実験室では、ギ酸ナトリウムを加熱することによりシュウ酸ナトリウムを合成し、水酸化カルシウムと反応させてシュウ酸カルシウムを得る。 これと希硫酸を反応させることによりシュウ酸と硫酸カルシウム二水和物 ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) を生じる。 これはシュウ酸が、硫酸と比べて弱酸であるためである。

問1 下線部(a)について、シュウ酸および二クロム酸イオンの酸化または還元を、電子を含むイオン反応式としてそれぞれ記せ。電子は e^- で記せ。なおシュウ酸は反応後、二酸化炭素に変化する。

問2 問1で得た反応式をもとにして、シュウ酸と二クロム酸カリウムの硫酸酸性条件下における化学反応式を記せ。

問3 濃度 0.120 mol/L のシュウ酸水溶液を 20.0 mL 正確にとり、濃度未知の二クロム酸カリウム水溶液で滴定したところ、シュウ酸をすべて酸化するのに 16.0 mL 必要であった。二クロム酸カリウム水溶液の濃度を求めよ。計算過程も記せ。

問 4 シュウ酸を得るための化学反応式(下線部**(b)**, **(c)**, **(d)**)をそれぞれ記せ。

問 5 シュウ酸カルシウムは難溶性で、その溶解度積は $K_{sp} = [\text{Ca}^{2+}][\text{C}_2\text{O}_4^{2-}] = 2.6 \times 10^{-9} (\text{mol/L})^2$ であたえられる。濃度 $7.20 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ のシュウ酸ナトリウム水溶液 50.0 mL に濃度 $2.00 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ の水酸化カルシウム水溶液 50.0 mL を混合したあと、溶液中に残っているカルシウムイオンの濃度を求めよ。計算過程も記せ。シュウ酸はすべて $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ の状態で存在するものとする。

問 6 シュウ酸水溶液の pH が 3.0 であったとき、**i)** $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$, **ii)** HC_2O_4^- , **iii)** $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ のうち最も高い比率で存在するものを選び、番号で答えよ。また、次に示す電離定数を用いて理由を説明せよ。

シュウ酸の電離定数は、

$$K_1 = \frac{[\text{HC}_2\text{O}_4^-][\text{H}^+]}{[\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4]} = 6.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$$

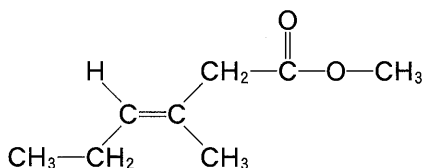
$$K_2 = \frac{[\text{C}_2\text{O}_4^{2-}][\text{H}^+]}{[\text{HC}_2\text{O}_4^-]} = 6.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$$

とする。

問 7 下線部**(d)**で生じる硫酸カルシウム二水和物はセッコウと呼ばれる。これを 140°C 程度に熱すると、水を一部失い、焼きセッコウ ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$) に変わる。これに水を加えて成型することで、いわゆるセッコウ像を作ることができる。いま焼きセッコウ 290 g に十分な水を加えてすべてセッコウとした。余分な水を除いてセッコウの質量を測定すると、何 g 増加していると考えられるか記せ。計算過程も記せ。

化学問題 II (環境科学部・工学部・人間文化学部)

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 $H = 1.0$, $C = 12.0$, $O = 16.0$, $Na = 23.0$ を用いよ。標準状態における 1.00 mol の気体の体積を 22.4 L とする。構造式は、例にならって記せ。



構造式の例

分子式は同じであるが構造や性質が異なる化合物を互いに異性体という。例えば、2-アミノプロピオン酸(アラニン)と4種の化合物A, B, C, Dは互いに異性体の関係にあると表現される。このような異性体の中で分子の構造式が異なるものを **ア** という。化合物を構成する原子の結合の種類やつながり方は同じであるが、分子の立体構造が異なることにより生じる異性体を **イ** と呼び、その主な二つは **ウ** と **エ** である。

アラニンには **エ** が存在するが、アラニンの異性体Aは不斉炭素原子をもたず、アミノ基とカルボキシ基が存在する。この異性体Aをアニリンとともに加熱すると **オ** 結合を生じ、またAはメタノールとの反応で **カ** 結合を生成する。このように水分子が取れて新しい共有結合を形成する反応を脱水縮合といい、ナイロンなどの高分子化合物をつくる際によく利用される。

また、アラニンの異性体で $-\text{COOR}$ 結合(Rは炭化水素基)をもつ化合物B~Dは、それぞれが無水酢酸と反応し分子式 $\text{C}_5\text{H}_9\text{NO}_3$ の物質となる。これらの異性体B~Dのなかで、Bは窒素原子にメチル基が結合している。また、BとCをそれぞれ加水分解するとメタノールが、Dの加水分解ではエタノールが得られる。

ウ には、炭素原子間の二重結合が原因で生じる異性体がよく知られている。それ以外に環構造から生じる異性体もある。エチレンの二重結合に二つのメチル基を導入した 2-ブテンとしては2種類の構造が存在する。また、環構造から生じる

(a)

異性体として、シクロヘキサンに二つのメチル基を導入した化合物(ジメチルシクロヘキサン)がある。ジメチルシクロヘキサンと呼ばれる化合物としては4種の ^(b)が存在する。その中の3種の化合物には も存在するので、合計7種類の異性体数となる。さらに、二重結合をもつシクロヘキサンのジメチル置換体(ジメチルシクロヘキセン)では、異性体数が15に増加する。

問 1 ～ に入る適切な語句を記せ。

問 2 化合物Aの構造式を記せ。

問 3 化合物Cと化合物Dの構造式を記せ。

問 4 下線部(a)において2-ブテンの二つの異性体を、それぞれの違いがわかる構造式で記せ。

問 5 6,6-ナイロンの原料となるアジピン酸は、シクロヘキセンの酸化によりアルデヒドEを経由して合成することができる。この酸化反応は、二重結合を切断する方法として有用である。二重結合に二つのメチル基が結合したジメチルシクロヘキセンFの酸化反応を、アジピン酸合成と同様の条件で行ったところ、この場合にはカルボン酸は生成せず、分子式 $C_8H_{14}O_2$ のケトンGが得られた。アルデヒドEとケトンGの構造式を記せ。

問 6 ケトンGを還元すると、分子式 $C_8H_{18}O_2$ のアルコールHが得られた。7.30gのアルコールHをジエチルエーテルに溶かし、ナトリウム2.30gを加えると水素ガスが発生した。この実験操作で発生した水素の標準状態での体積を求めよ。解答の数値は有効数字3桁で示せ。計算過程も記せ。

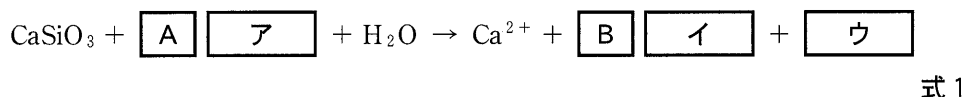
問 7 下線部(b)の4種の の構造式を全て記せ。 に関しては考慮しなくてよい。

化学問題 Ⅲ (環境科学部・工学部・人間文化学部)

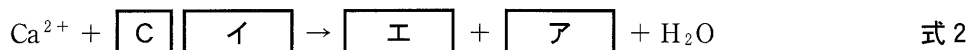
次の文章を読んで、問1～問7に答えよ。必要であれば、原子量として $H = 1.0$, $C = 12.0$, $N = 14.0$, $O = 16.0$, $F = 19.0$, $S = 32.0$, $Cl = 35.5$, $Ca = 40.0$ を用いよ。気体はすべて理想気体とし、標準状態における 1.00 mol の気体の体積を 22.4 L とする。

近年問題とされている地球の温暖化は、二酸化炭素、メタン、一酸化二窒素、六フッ化硫黄、フルオロメタンなどの温室効果ガス^(a)が地表から放射された赤外線を吸収するために生ずると考えられている。これらの温室効果ガスのうち、化石燃料の燃焼に伴い排出される二酸化炭素は地球温暖化に及ぼす影響が最も大きいとされている。現在の地球の大気は主に窒素と酸素からなり、二酸化炭素は体積比で約 0.04% しか含まれない。しかし、火星や金星の大気が主に二酸化炭素から成ると同様に、地球が誕生した頃の原始大気はそのほとんどが二酸化炭素であったと考えられている。地球上のそれらの二酸化炭素はどこへいったのであろうか？

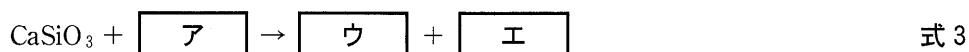
地表の岩石に含まれる CaSiO_3 が大気中の二酸化炭素()および水(H_2O)と反応して溶かされると、カルシウムイオン(Ca^{2+})、炭酸水素イオン()および二酸化ケイ素()となり、それらは海洋に流入する。



海に生息するサンゴの骨格や有孔虫と呼ばれる原生生物の殻は、海洋中のカルシウムイオン(Ca^{2+})と炭酸水素イオン()から次の反応によって生じた炭酸カルシウム()により形成されている。



式1と式2をまとめると、



となり、大気中の二酸化炭素は炭酸カルシウムとして海底に堆積する。それらの堆積物が岩石となったものを石灰岩と呼ぶ。このようにして、初期の地球の大気に存在していた二酸化炭素は時代とともに減少し、現在ではその多くが石灰岩として固定されていると考えられている。^(b)

炭酸カルシウムを含む海洋堆積物には地球の気候変動が記録されている。酸素原子^(c)には ^{16}O 、 ^{17}O 、 ^{18}O の3種類が存在する。これらの酸素は原子核における $\boxed{\text{オ}}$ の数は等しいが $\boxed{\text{オ}}$ と $\boxed{\text{カ}}$ の数の合計である質量数は異なり、 $\boxed{\text{キ}}$ と呼ばれている。海洋からは軽い酸素(^{16}O)を含む水分子が蒸発しやすい。地球が寒冷化すると、陸地に降った雪が ^{16}O を多く含む氷となって固定されるため、温暖な時代と比較して海水中の ^{18}O の割合が多くなる。従って、有孔虫化石の殻が含む酸素の $\boxed{\text{キ}}$ の存在比を測ることによって過去の海水温を推定することができ、地球環境の変遷を探るための手段として利用されている。

問1 下線部(a)に示した温室効果ガスのうちで、標準状態における密度が最も小さな気体はどれか選べ。また、その密度を求めよ。解答の数値は有効数字2桁で記せ。ただし、フルオロメタンの化学式は CH_3F とする。

問2 $\boxed{\text{ア}}$ ~ $\boxed{\text{エ}}$ に適切な化学式を、 $\boxed{\text{A}}$ ~ $\boxed{\text{C}}$ に適切な数値をそれぞれ記せ。

問3 下線部(b)に関して、次のi)とii)に答えよ。解答の数値は有効数字2桁で記せ。

i) 石灰岩が炭酸カルシウムのみからなるとするとき、10.0 gの石灰岩中に固定されている二酸化炭素の標準状態における体積を求めよ。

- ii) 10.0 g の石灰岩に 0.50 mol/L の塩酸を加えたところ、二酸化炭素が発生した。この反応を化学反応式で表せ。また、10.0 g の石灰岩を完全に溶解するために必要な塩酸の体積を求めよ。ただし石灰岩中に固定されている二酸化炭素はすべて気体になるものとする。

問 4 炭酸カルシウムおよび二酸化ケイ素の結晶の種類を A 群から選べ。また、それらの種類の結晶に分類される物質の例を B 群から一つ選び、A 群で選んだ種類の結晶の性質として最も適切なものを C 群から一つ選んで番号で答えよ。ただし、同じ番号を繰り返し使ってはならない。

A 群：(1) 金属結晶、(2) イオン結晶、(3) 分子結晶、(4) 共有結合の結晶

B 群：(5) ケイ素、(6) 二酸化炭素、(7) 鉄、(8) 酸化ナトリウム、(9) 酢酸

C 群：(10) 融点、沸点が低く、水によく溶ける

(11) 叩くと薄く広がり、引っ張ると細長く伸びる

(12) 固体の状態では電気を通さないが、液体状態ではよく通す

(13) 融点が高く、電気と熱をよく伝える

(14) 融点が非常に高く、硬い

問 5 下線部(c)に関して、地球上の酸素が 99.76 % の ^{16}O 、 $X\%$ の ^{17}O および $Y\%$ の ^{18}O からなるとするとき、酸素の原子量を X と Y を用いた式で表せ。ただし、 ^{16}O 、 ^{17}O 、 ^{18}O の質量は、 ^{12}C の質量を 12.00 とすると、それぞれ 16.00、17.00 および 18.00 である。

問 6 、、 に適切な語句を記せ。

問 7 ^{18}O の原子 1 個に含まれている と および電子の数をそれぞれ整数で記せ。

(下 書 用 紙)

化学問題 IV (環境科学部・工学部・人間文化学部)

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 $H = 1.0$, $C = 12.0$, $O = 16.0$ を用いよ。

糖類のうち、希硫酸を加えて熱しても加水分解されないものは、単糖類と呼ばれる。グルコースは、代表的な単糖類の一つである。グルコースの水溶液に **ア** 液を加えると、酸化銅(I)の赤色の沈殿を生じる。^(a) この沈殿に、硫酸で酸性にした硫酸鉄(III)溶液を十分加えると、^(b) 沈殿は徐々に溶解した。

デンプンなどの多糖類は、単糖類の分子が繰り返し縮合した構造をしているが、多糖類にはタンパク質と結合しているものもある。タンパク質のうち、加水分解をしたときにアミノ酸のみを生じるものを **イ** タンパク質、アミノ酸以外に糖類や核酸、脂質などを生じるものを **ウ** タンパク質という。

デンプンやタンパク質などを水に溶かすと、親水コロイド溶液となる。親水コロイド溶液は少量の電解質を加えても沈殿しないが、多量の電解質を加えると沈殿する。沈殿を生じるこの現象は **エ** と呼ばれる。また、コロイド溶液に少量の電解質が含まれる場合、セロハンなどにコロイド溶液を包んで流水中に浸しておく、^(c) 電解質を取り除くことができる。この操作は **オ** と呼ばれる。一方、水の濁りの原因の一つである^(d) 粘土や水酸化鉄(III)などのコロイドは疎水コロイドと呼ばれ、少量の電解質を加えただけで沈殿する。

いま、**ウ** タンパク質の一種で、糖類だけが結合しているタンパク質Aがある。タンパク質Aの分子量は37500である。特殊な酸を用いて、タンパク質Aにおける単糖類分子間の結合、およびタンパク質と単糖類の間の結合のみをすべて加水分解して、Aに結合している糖をすべて取り除いた。糖を除いたあとのAの分子量は13500であった。一方、Aに結合している単糖類は、物質質量比で40.0%の五炭糖B(炭素を5個持つ単糖類で、分子量150)と、60.0%の六炭糖C(炭素を6個持つ単糖類で、分子量180)から構成されていることがわかった。

問 1 文中の ア ～ オ に入る最も適当な語句を記せ。

問 2 マルトースとトレハロースは、いずれもグルコース 2 分子が脱水縮合して生じる二糖類である。図 1 はマルトースの構造式である。下線部(a)で、グルコースの水溶液のかわりに、マルトース、トレハロースの水溶液それぞれに ア 液を加えると、赤色沈殿を生じるのはマルトースの水溶液のみである。このことから、図 2 の(X)の部分に補ってトレハロースの構造式を完成させよ。解答の構造式は図 1 にならって記せ。ただし、(X)に補うグルコースは、 α -グルコース、 β -グルコースいずれでもよい。

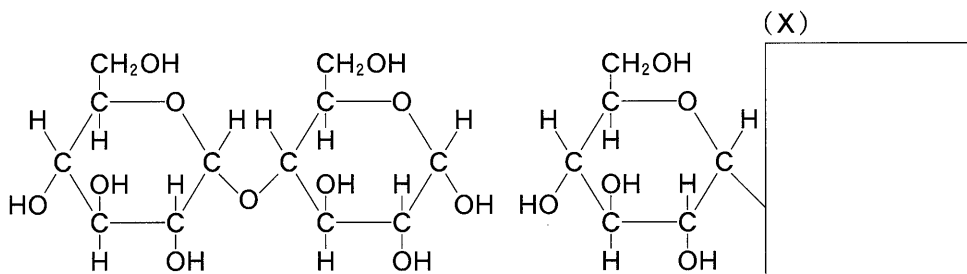
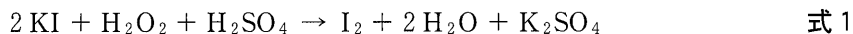


図 1 マルトースの構造式

図 2 トレハロースの構造式

問 3 下線部(b)の化学反応式を式 1 にならって記せ。また、酸化および還元が起こっているすべての元素と、その反応前後の酸化数の変化を、例にならって記せ。



(例) $\text{I}(-1 \rightarrow 0)$, $\text{O}(-1 \rightarrow -2)$

問 4 下線部(c)で電解質を取り除くことができるのは、セロハンのどのような性質によるものかを述べよ。

問 5 下線部(d)の粘土について、粘土のコロイド溶液を U 字管に入れて直流電圧をかけると、粘土粒子は陽極に移動した。このコロイド溶液に電解質の水溶液を加えて粘土鉱物を沈殿させた。同じモル濃度の水溶液を加えるとき、最も少ない体積で粘土鉱物を沈殿させるものを次の化合物より選び、化学式で答えよ。また、それを選んだ理由も記せ。なお解答の化学式では水和水を考慮しなくてよい。

塩化カリウム 硝酸アルミニウム 硫酸ナトリウム 塩化カルシウム

問 6 1 分子のタンパク質 A に結合している五炭糖 B と六炭糖 C の分子数を整数値で示せ。計算過程も記せ。ただし、タンパク質 A では、B と C はすべて脱水縮合されているものとする。

(下 書 用 紙)

生 物

生物問題 I (環境科学部・人間文化学部)

次の文章を読み、問1～問6に答えよ。

ある野菜(被子植物)について図1のような装置で水耕栽培を行った。培養液には、野菜が正常な生育をするために必要な元素が無機塩として加えられている。

培養液中の水は主に根の表皮細胞や表皮細胞が分化した根毛より吸収される。吸収された水は表皮より内側の組織である **ア** の細胞から細胞へ、あるいは隣り合う細胞壁を通じて根の内部へと移動し、維管束内の **イ** に到達する。

培養液中に肥料として供給された様々なイオンの多くは、その濃度が根の細胞内の濃度よりかなり低い場合においても、根の細胞内に吸収される。このように濃度勾配に逆らって特定の物質を移動させる作用を **ウ** という。

畑や水田で栽培される農作物は、土壌中の窒素を **エ** イオンや **オ** イオンのかたちで根より吸収する。そのため、一般に野菜の水耕栽培においても培養液中の窒素肥料は **エ** イオンや **オ** イオンとして供給される。根より吸収された **エ** イオンは、植物体内で **カ** イオンを経て **オ** イオンに還元される。**オ** イオンは有機酸と結合し、様々な **キ** が生成される。合成された **キ** は、タンパク質や核酸などの有機化合物の合成に利用される。

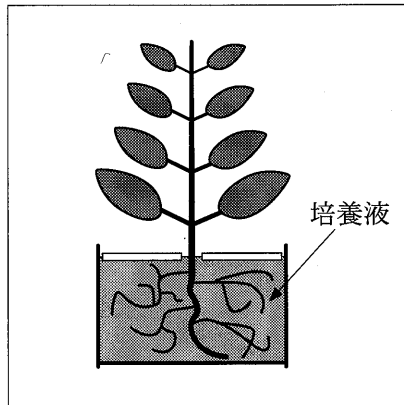


図1 水耕栽培の概略図

- 問1 ~ に適当な語句を入れよ。
- 問2 培養液に過剰な量の無機塩を加えた場合、表皮組織の細胞からの吸水が起こらなくなる。その理由を、吸水力、膨圧、培養液という用語をすべて用いて(何度用いてもよい)60字以内で記せ。
- 問3 葉に運ばれた水の多くは気孔より蒸散する。気孔が開く仕組みを、『気孔を囲む2つの孔辺細胞が吸水することにより・・・』に続けて90字以内で記せ。
- 問4 水分不足に反応して気孔が閉じる作用に関与する植物ホルモンの名称を記せ。
- 問5 葉の表皮では気孔を除いて水や水蒸気の出入りが生じにくい。その理由を簡単に記せ。
- 問6 図1の植物の茎を、根側の5cmを残して取り除いた。茎とともに全ての葉が取り除かれ、根と短い茎のみの状態になった植物において、茎の切断面から水が出続けていた。その理由を簡単に記せ。

生物問題 II (環境科学部・人間文化学部)

次の文章を読み、問1～問7に答えよ。

自律神経系は交感神経系と副交感神経系からなり、交感神経末端からは **ア**，副交感神経末端からは **イ** が分泌され、各器官の活動を制御する。これらの働きはすべて上位の中枢である **ウ** にある **エ** によって調節されている。ホルモン分泌の調節の上でも **エ** は重要な働きを担っている。体内状況の変化を感知した **エ** は **オ** からのホルモンの分泌を制御する。**オ** から分泌されるホルモンのうち、いくつかは下位の内分泌腺のホルモン分泌を刺激する。^(a) 表1に示されるように自律神経系と内分泌系の作用には、それぞれ特徴があり、^{せきついで}脊椎動物では両者が協調して体内の恒常性(**カ**)を維持している。

ヒトが寒冷下におかれた時の調節を例にあげてみよう。自律神経系(交感神経系)とホルモンが協調して働く。^(b) その結果、熱の **キ** 量が低下し、熱の **ク** 量が増加することで、体温の低下を防ぐ。^(c)

表1 自律神経系と内分泌系の比較

	自律神経系	内分泌系
情報を伝える物質	A	ホルモン
情報伝達の速さ	B	C
情報伝達対象の範囲	D	E
作用先の特異性	特異的	特異的
作用の持続性	F	G

問1 **ア** ～ **ク** に適当な語句を入れよ。

問2 **ア**， **イ** を総称した、表1のAに当てはまる用語は何か。

問 3 表 1 の B ～ G に当てはまる言葉を下記から選べ。

広い 狭い 長い 短い 速い 遅い

問 4 ホルモンが作用する器官を何と呼ぶか、答えよ。またその器官が限定されている(特異的である)理由を 50 字以内で説明せよ。

問 5 下線部(a)について、 前葉から分泌される刺激ホルモンを 2 種あげよ。

問 6 下線部(b)について、ヒトが寒冷下におかれた時、交感神経系の作用で起る現象を 2 つあげ、それぞれについてヒトにとっての意味を簡潔に述べよ。

問 7 下線部(c)について、ヒトが寒冷下におかれた時、3 種のホルモン分泌が知られている。 からそれらの分泌に至るまでの流れを、, 副腎髄質, 副腎皮質, 甲状腺という 4 つの用語を必ず用いて(何度用いてもよい)150 字以内で説明せよ。

生物問題 III (環境科学部・人間文化学部)

次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

カイコガのメスはオスを呼び寄せるため、体からある化学物質を分泌する。このように個体間のコミュニケーションに用いられる化学物質をフェロモンという。オスのカイコガはフェロモンを探知すると、^{はね}翅を震わせる「婚礼ダンス」を行いつつメスに近づいていく。

メスのガが体のどこからフェロモンを出しているかを調べるため、次のような実験を行った。メスのガの頭、胸部、尾部を、エーテルをしみ込ませたろ紙の小片でこすり、このろ紙をオスのガに近づけた。対照実験として、ア。その結果、オスのガは、メスの尾部をこすったろ紙だけに反応して婚礼ダンスを行った。このことから、フェロモンはメスの尾部から放出されていることがわかった。

このフェロモンがどのような物質であるかを調べるため、以下のような実験が行われた。50万個体のカイコガのメスから尾部を集め、エーテルで成分を抽出したあと、化学反応によって脂肪分(混合物A)とその他の成分(混合物B)に分離した。混合物A、Bのどちらにフェロモン物質が含まれているかを調べるため、一定重量のA、Bを1 mLのエーテルに溶解し、この液をガラス棒の先につけて、オスのカイコガのそばへ近づけた。実験には30個体から60個体のオスのガを用い、その半数が婚礼ダンスを行った濃度(単位：^(a) $\mu\text{g/mL}$)を調べたところ、混合物Aは $100\ \mu\text{g/mL}$ でも反応を示さなかったが、混合物Bは $0.01\ \mu\text{g/mL}$ で半数のオスが反応を示した。混合物Bからさらにフェロモン物質を精製するため、クロマトグラフィーを用いて混合物Bをいくつかの成分に分離し、さらにオスのガによるテストを行った。それを繰り返して、最終的に12 mgの精製されたフェロモン物質が得られた。この物質はボンピコールと名付けられ、わずか $10^{-10}\ \mu\text{g/mL}$ で、半数のオスに反応を起こすことができた。

その後、ボンピコールの検出には、生きたオスのガの代わりに、オスのガから切り取った触角だけを用いるようになり、より簡便かつ正確に検出が行われるようになった。触角がフェロモンを感知したかどうかの判定には、オシロスコープを用いて触角の神経細胞の電位差の変化を測定する方法が用いられた(図1)。触角の、ある1つの

神経細胞の内部にガラスの極小電極を差し込み、もう片方の電極を細胞の外部において、触角にある濃度に調整した混合物 B を吹きつけると、図 2 のような電位の変化が記録された。図 2 の①の電位を **イ** と呼び、細胞外に対して細胞内が **ウ** になっている。これは、神経細胞の細胞膜に存在するナトリウムポンプの働きによって、膜内で **エ** の濃度が低くなっているためである。神経細胞がフェロモンを感知すると、その刺激によって細胞膜にある **エ** チャンネルが開き、**エ** が細胞内に流れ込んで細胞内が正に帯電する。これを **オ** と言う。(図 2 の②)。**エ** チャンネルは直ちに閉じ、代わって **カ** チャンネルが開いて細胞外に **カ** イオンが流出することによって、細胞内の電位はすぐに **イ** の状態に戻る(図 2 の③)。細胞内外のイオンの分布は、やがてナトリウムポンプの働きによってもとの状態にもどっていく。

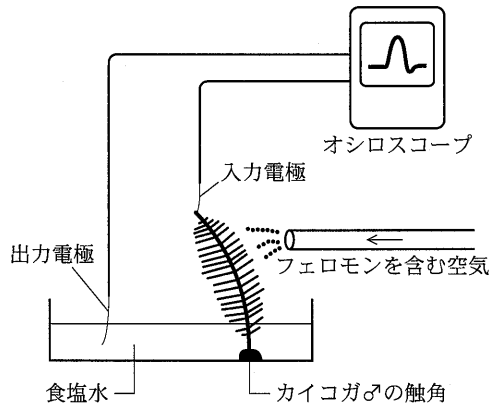


図 1

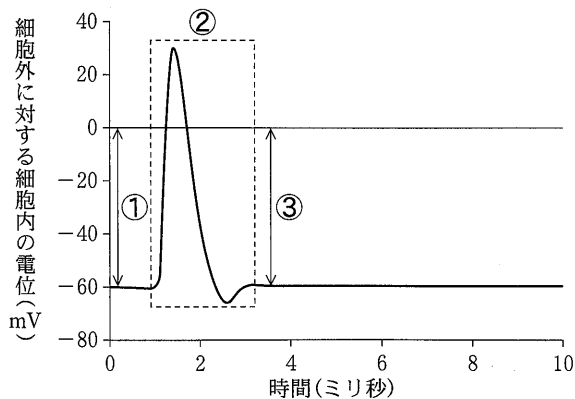


図 2

問 1 対照実験としてどのような実験を行うべきか、ア に適切な文を入れよ。

問 2 イ ~ カ に適当な語句を入れよ。

問 3 下線部(a)について、実験に、多くのオスのガを用いた理由を説明せよ。

問 4 触角に、混合物 B と同じ濃度に調整した精製ボンビコールを吹きつけると、1つの神経細胞内の電位変化はどのようになると考えられるか。解答欄(図 2 と同じグラフが描かれている)に図示せよ。また、そのようなグラフになる理由を記述せよ。

問 5 次の文(1)~(4)は、図 1 の実験装置について述べたものである。それぞれの文の内容が正しければ解答欄に○を、間違いであれば×を記入せよ。また、×をつけた文に関しては、間違っている理由を具体的に記述し、正しい内容を書け(○をつけた文については、何も記述しなくてよい)。

- (1) 食塩水はできるだけ高濃度にするとよい実験結果が得られる。
- (2) 1つの触角のどの神経細胞に電極を挿入しても、同じ強さの刺激に対しては同じ反応が得られる。
- (3) 神経細胞の軸索は刺激を一方向にしか伝導できないので、極小電極は、ボンビコールを感知した受容体(神経細胞の細胞膜にあり、刺激を感知するタンパク質)よりも触角の根元に近い側に挿入されていなければ刺激を検出できない。
- (4) 極小電極が神経細胞の外側表面に接触している場合でも、ボンビコールによる興奮を検出できる。

(下 書 用 紙)

生物問題 IV 選択問題(環境科学部・人間文化学部)

次の文章を読んで、問1～問5に答えよ。

ある地域において、そこに生息する生物群集とそれらを取り巻く **ア** を一つのまとまりとしてとらえたものを生態系と呼ぶ。これら生態系を構成する生物群集はその役割によって、 **イ** , 消費者, **ウ** に分類することができる。

イ は無機物から有機物を合成する独立栄養生物と呼ばれ、多くの場合、光合成によって有機物を合成している。これらは光エネルギーを生物が利用可能な化学エネルギーに変換している。消費者は、 **イ** が合成した有機物を直接あるいは間接的に取り込んで栄養とする生物であり従属栄養生物と呼ばれる。 **イ** を直接利用する消費者を一次消費者、一次消費者を利用する消費者を二次消費者と呼ぶ。

ウ は **イ** や消費者が排泄した有機物あるいは枯死・死滅した際にそれらを再び無機物にもどす役割を担っている。

イ が一定面積内で一定期間に光合成によって生産する有機物の総量は **エ** と呼ばれる。 **イ** は、このとき同時に呼吸によって自身で生産した有機物を消費しており、 **エ** から呼吸量を差し引いた残りを **オ** と呼ぶ。消費者では、摂食量から不消化排出量を差し引いた残りを **カ** と呼ぶ。そして、これは **イ** の **エ** に相当するので、 **カ** から呼吸量を差し引いた残りが **オ** となる。従って、 **オ** は、 **イ** , 一次消費者, 二次消費者の順に必ず減少することになる。^(a)

そして、消費者における **オ** から死滅および被食(捕食)された量を差し引いた残りが **キ** となる。

表1 バルト海における **イ** , 一次消費者, 二次消費者の1年間の平均現存量と **オ**

生物群集	平均現存量 (g/m ²)	年間 オ {g/(m ² ・年)}
二次消費者	2.24	3.8
一次消費者	9.56	104.8
イ	2.02	249.8

問1 **ア** ~ **キ** に適当な語句を入れよ。

問2 **ア** を構成する代表的な要素を4つあげよ。

問3 **イ** と **ウ** を構成する生物分類群をそれぞれ2つずつ示せ。

問4 下線部(a)のような関係を生態学では何と呼ぶか答えよ。また、このようになる理由についても説明せよ。

問5 表1は、バルト海における **イ** , 一次消費者, 二次消費者の現存量と **オ** を比較したものである。これは、現存量で見た場合、生態系によっては必ずしも下線部(a)で説明した順にはならないことを示している。この表中で **イ** と一次消費者の現存量が逆転する理由について100字以内で説明せよ。

生物問題 V 選択問題(環境科学部・人間文化学部)

次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

約40億年前に地球上に出現したと考えられている生物は、その後現在に至るまで **ア** を続け、莫大な種の多様性を持つようになった。現在、名前がつけられている生物は約180万種あるが、実際には、数千万種の生物があると推定されている。

多様な生物種は、似たものを集めて分類されている。種は **イ** にまとめられ、**イ** は科にまとめられる。このような分類群の上位の階層に「界」がある。ラン藻類・細菌類・古細菌類からなる原核生物(モネラ)界、原生動物・変形菌類・藻類などの **ウ** 界、陸上植物からなる植物界、カビやキノコの仲間の **エ** 界、それに **オ** 界に分ける **カ** 説が、これまで多く用いられてきた。だが研究の進展とともに、**カ** 説も生物の系統をあらわすには十分でないことがわかり、変更を迫られている。

生物は、気候変動など環境の変化の影響により、種の出現、繁栄と **キ** を繰り返してきた。だが、現在、人間活動の影響をうけるものが多くなり、近い将来に多くの生物種が **キ** し、地球の生物多様性は大きく減少すると考えられている。それを抑制することが人類の課題となっている。

問1 **ア** ～ **キ** に入るもっとも適切な語を答えよ。

問2 文中に説明されている界の中で、従属栄養生物のみからなるものは何か。界の名または **ウ** ～ **オ** の記号を用いて、あてはまるものをすべて答えよ。

問3 これまでに名がつけられた生物種は、全体の約7割が **オ** 界に属している。さらにそのうちの約95万種は、1つの分類群(綱)に属する種類で占められている。その分類群の名を書け。

問 4 植物界を形成する大きなグループには、コケ植物、シダ植物、裸子植物、被子植物の4つがある。これらの間は、どのような特徴を基準に分類されているか。次の(1)~(3)のそれぞれの場合に、2つのものを分ける基準について、最も重要な点を説明せよ。

- (1) コケ植物と、他の3つのグループ
- (2) コケ植物とシダ植物をあわせたものと、裸子植物と被子植物をあわせたもの
- (3) 裸子植物と、被子植物

問 5 コケ植物、シダ植物、裸子植物、被子植物のそれぞれの生活環の中で、私たちが目にする植物体の姿および世代交代と核相交代はどのように関係しているか、グループごとの特徴を説明せよ。図表などを補助に用いてもよい。