

国際環境工学部
環境生命工学科
総合問題

【注 意】

1. 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。
2. 試験時間は10時00分から12時00分までの120分、配点は60点です。
(配点の内訳：第1問30点・第2問30点)
3. この問題冊子は、表紙以外に9ページあり、解答用紙は4枚あります。
4. 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
5. 3ページから9ページまでの第2問は選択問題です。選択問題A、B、Cの中から1題を選択して解答してください。
6. 解答用紙には、解答箇所以外につきの記入欄があります。監督者の指示に従って、正しく記入してください。正しく記入されていない場合には、採点できないことがありますので、十分注意してください。
 - ① 受験番号欄（各解答用紙2箇所）
 - ② 氏名欄（各解答用紙1箇所）
 - ③ 選択問題識別欄（選択問題の各解答用紙1箇所）第2問の選択問題A、B、Cの解答用紙には、選択問題識別欄があります。選択した問題はこの欄に○を、選択していない問題はこの欄に×を記入してください。この記入がない場合や2題以上に○が記入されている場合には、採点において著しく不利になります。
7. 解答はすべて指定した解答用紙に記入してください。
8. 解答用紙を持ち出してはいけません。持ち出した場合、試験をすべて無効とします。
9. 問題冊子の余白等は適宜利用してよいが、どのページも切り離してはいけません。
10. 試験終了後、問題冊子は持ち帰ってください。

第1問 (環境に関する科学)

以下の文章を読み、問いに答えよ。

計算に必要な場合は、原子量を $H = 1.0$, $C = 12.0$, $O = 16.0$ とし、途中の計算過程も示せ。

- 問1 太陽光の平均エネルギー密度 100 W/m^2 、変換効率 10% 、面積 10 m^2 の太陽電池パネルの、1年間の発電量 (kWh) を算出せよ。また、これによって系統電力 (送電線から流れる電力) の消費量が減るとして、二酸化炭素排出削減量を求めよ。なお、太陽電池による電力 1 kWh の二酸化炭素排出量をゼロ、系統電力 1 kWh あたりの二酸化炭素排出量を 0.445 kg とする。必要ならば、 $1 \text{ kWh} = 3.6 \text{ MJ}$ を用いよ。有効数字を3桁で答えよ。
- 問2 日本の2018年の化石燃料消費量は、石炭 $47.9 \times 10^{11} \text{ MJ}$ 、石油 $73.8 \times 10^{11} \text{ MJ}$ 、天然ガス $46.7 \times 10^{11} \text{ MJ}$ である。石炭のCとHの組成比を1:1、発熱量を 39 MJ/kg 、石油のCとHの組成比を1:2、発熱量を 44 MJ/kg とする。また、天然ガスは CH_4 からなり、発熱量を 56 MJ/kg として化石燃料消費による二酸化炭素排出量を求めよ。有効数字を2桁で答えよ。
- 問3 大気中に二酸化炭素として炭素が72億 t 排出され、すべて大気中に留まるとすると、大気中の二酸化炭素は何 ppm 上昇するか。次の(1)～(4)の手順に従って求めよ。有効数字を2桁で答えよ。
- (1) 地球を半径 $6,370 \text{ km}$ の球とするとき、地球を取り巻く大気の質量は何 t か求めよ。ただし、地表の平均気圧を 98 kPa とする。これは、地表面 1 m^2 の上空にある大気の質量が $10,000 \text{ kg}$ であることを意味する。ただし、 $6,370^2 = 4.1 \times 10^7$ である。
 - (2) 二酸化炭素体積濃度 1 ppm は、大気 1 t あたり何 g の炭素を含むか求めよ。必要ならば、大気分子量 29.0 、 $0 \text{ }^\circ\text{C}$ 、 1 気圧 の理想気体 1 mol の体積 22.4 L を用いよ。なお、ある気体物質が 1 m^3 の大気中に 1 cm^3 含まれているとき、 1 ppm という (体積濃度)。
 - (3) (1)で求めた地球の大気に対して、二酸化炭素を 1 ppm 上昇させるのに要する炭素の質量は何億 t か求めよ。
 - (4) 72 億 t の炭素が排出されると、二酸化炭素濃度は何 ppm 上昇するか求めよ。

(計 算 用 余 白)

第2問（選択問題A）（物理）

問1 図1に示すように、静止摩擦係数 μ の鉛直な壁に、長さ l [m] の剛体棒 AB が、点 B に作用している力 T [N] により壁に垂直に押し当てられ静止している。 T は剛体棒と角度 θ ($0 < \theta < \frac{\pi}{2}$) をなす方向に作用しており、また剛体棒には点 C の位置に質量 m [kg] の物体が取り付けられている。重力加速度の大きさは g [m/s²] とし、重力の方向は y 軸下向きとする。以下の文章の空欄に入れるのに適する数式または数値を解答箇所に記入せよ。ただし、解答用紙には答えのみを記入し、答えの導出過程は記入しないこと。なお、剛体棒の質量は無視できるものとする。

- (1) 点 A において壁から剛体棒 AB に作用している垂直抗力 F_x と、静止摩擦力 F_y の大きさは $F_x =$ [N], $F_y =$ [N] である。
- (2) 点 B に作用する力が A 点まわりに与える時計回りのモーメント M_B 、および点 C に作用する力が A 点まわりに与える反時計回りのモーメント M_C の大きさは $M_B =$ [N・m], $M_C =$ [N・m] である。
- (3) このとき、静止摩擦係数 μ が満たすべき条件は、 θ のみを用いて $\mu \geq$ と表される。

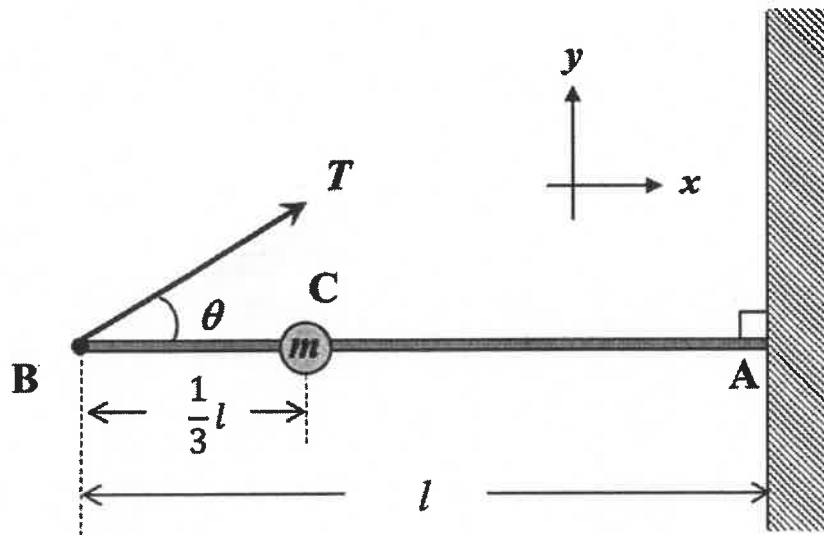


図1

(計 算 用 余 白)

問2 図2に示すように、下部に開閉可能な開口部をもった気球と質量 m [kg] のゴンドラで構成される熱気球が地面に接地している。この気球内部にはヒーターが取り付けられており、気球内部を加熱することが可能である。大気および気球内部はモル質量 M [kg/mol] の単原子分子の理想気体で満たされており、大気および気球内の気体の圧力、温度、密度はそれぞれ P_1 [Pa], T_1 [K], ρ_1 [kg/m³] であり、気球の体積は V_1 [m³] である。このとき、以下の文章の空欄に入れるのに適する数式または数値を解答箇所に記入せよ。ただし、解答用紙には答えのみを記入し、答えの導出過程は記入しないこと。なお、気球は断熱素材でできており、気球およびヒーターの質量、およびゴンドラの体積は無視できるものとする。また、モル質量とは気体 1mol あたりの質量 [kg] である。

- (1) 気球の開口部を閉じた後、ヒーターにより気球内部の温度を T_1 から T_2 に上昇させた。気球の体積 V_1 が変化しないとすると、加熱後の気球内部の圧力 P_2 は P_1, T_1, T_2 を用いて表すと $P_2 =$ [Pa] であり、ヒーターが与えた熱量 Q は P_1, T_1, T_2, V_1 を用いて表すと $Q =$ [J] である。
- (2) 気球内部の状態を最初の状態に戻し、気球の開口部を開けた後、ヒーターにより気球内部の温度を T_1 から T_3 にゆっくりと上昇させた。加熱中、気球の体積は V_1 のまま変化しないとすると、加熱後の気球内部の気体の密度 ρ_2 は T_1, T_3, ρ_1 を用いて表すと $\rho_2 =$ [kg/m³] であり、気球内部から大気中に放出された気体のモル数 Δn は M, V_1, ρ_1, ρ_2 を用いて表すと、 $\Delta n =$ [mol] である。
- (3) (2)の状態、すなわち気球内部の気体の密度が ρ_2 のとき、ゴンドラは地面からゆっくりと離れた。このとき、ゴンドラの質量 m が満たすべき条件は V_1, ρ_1, ρ_2 を用いて表すと $m <$ [kg] である。

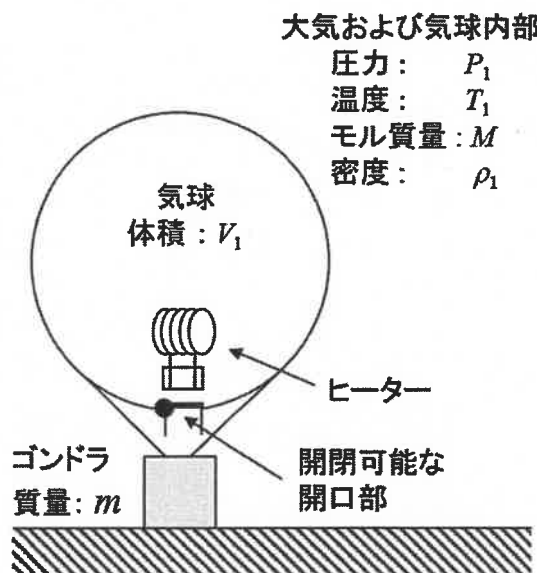


図2

(計 算 用 余 白)

第2問（選択問題B）（生物）

次の文章を読み、問いに答えよ。

- A 生体の構造を作ったり、生命活動を営んだりするうえで重要な働きをしている **ア** は、アミノ酸が鎖状につながった高分子化合物であり、**アと同じ** の性質は、その構成アミノ酸の種類・数・配列順序によって決まる。この **アと同じ** の性質を決める遺伝情報は DNA に記録されており、DNA 分子の中の連続した塩基 **イ** 個が1個のアミノ酸を指定する。遺伝子が発現し、**アと同じ** が合成される過程は、DNA の塩基配列が RNA の塩基配列へと写し取られる **ウ**、RNA の塩基配列がアミノ酸配列へと置き換えられる **エ** の2つの段階に分けられる。真核生物では、**ウと同じ** によって合成された RNA の一部が除かれて mRNA となり、これが核膜孔を通して細胞質へ出て **オ** と結合する。ここで tRNA が運搬するアミノ酸の種類に応じた特定の塩基 **イと同じ** 個の配列の部分で mRNA と結合し、遺伝子の持つ情報に従ってアミノ酸がつながっていく。
- B ホルモンとは、内分泌腺とよばれる器官や細胞から血液中に放出されて血液の循環とともに全身に行き渡り、特定の臓器や細胞に効果的に作用する物質である。ヒトの血液中の血糖値が低下すると、**カ** のランゲルハンス島 A 細胞から **キ** が分泌される。**キと同じ** は肝臓に作用して **ク** からグルコースへの分解を促進する。また、副腎髄質は **ケ** の信号を受けて **コ** を分泌し、これによって肝臓や筋肉でのグルコースの生成を促す。さらに、**サ** から分泌される副腎皮質刺激ホルモンにより副腎皮質から **シ** が分泌され、これによりタンパク質の分解が促されてグルコースの合成を引き起こす。
- C 動物体内に張り巡らされた神経のネットワークを作っているのは、ニューロンとよばれる基本単位である。ニューロンは、刺激を受けると、その細胞膜の内外で電気的な変化が起こる。軸索内に微小の記録電極を挿入して膜内外の電位差を測定すると、刺激を受けていないニューロンの静止部位では膜の内外で電位差が生じており、細胞膜の外側は正に、内側は負になっている。この時の膜内外の電位差を静止電位という。ニューロンの一部に刺激を与えると、刺激を受けた部分で生じた興奮部で、細胞膜内外の電位が瞬間的に逆転し、**ス** 電位が発生する。興奮部と静止部との間では微弱な電流が流れ、これが刺激となって隣接部が興奮し、興奮が軸索を伝わっていく。これを興奮の **セ** という。軸索の末端は、せまい隙間を隔てて他のニューロンや効果器と連絡している。この部分を **ソ** と言い、興奮が軸索の末端まで伝わると、末端部分から **タ** などの神経伝達物質が分泌され、これによって次のニューロンの樹状突起や細胞体に興奮が伝達される。

- D 生物群集の中では、さまざまな種間関係がみられる。一般に、生態的地位が近い種間では、激しい が生じ、同じ場所に共存することは難しい。たとえば、ある海岸の岩場に生息するイガイとフジツボは により共存できない。しかし、2種に共通する捕食者であるヒトデがいると、 に強い種の密度があまり高くないため、これら2種が共存できる。マメ科植物と根粒菌との関係は とよばれ、根粒菌は で得られた化合物を植物に提供する一方で、植物は により得られた炭水化物を根粒菌に供給している。
- E 湖に生活排水などが大量に流入し、水生植物が吸収しきれない栄養塩類が増えると、水面近くで植物プランクトンが異常に増殖し、 が発生することがある。このように、栄養塩類が吸収しきれないほど増加することを と言い、 によって湖の生態系のバランスは崩れる。内湾や内海では、河川から多量の栄養塩類が流入して が進むと、植物プランクトンなどが異常に増殖し、 が発生することがあり、これにより魚介類の大量死を招くことがある。また、生体内で分解されにくく、体内の脂肪などに蓄積されやすい DDT や有機水銀などは、生態系の食物連鎖の過程で が起こり、水中での濃度は低くても、栄養段階の高い生物にはより高濃度で蓄積し、生体に有害な作用を及ぼす場合がある。

問1 文中の空欄に最も適する語句または数字を入れよ。

問2 文章Cにある、ニューロンの構造を模式図で示せ。なお、各部の名称を記入する必要はない。

問3 文章Eでは、内湾や内海で植物プランクトンなどが異常に増殖することが、魚介類の大量死を招くことがあることが述べられているが、その理由を説明せよ。

第2問（選択問題C）（化学）

問1～問5に答えよ。答えの導出過程を示さなくてもよい。

[注意] 必要であれば、次の原子量と数値を用いよ。

$H = 1.00, N = 14.0$, 気体定数 $8.3 \times 10^3 \text{ Pa L}/(\text{mol K})$, 水のイオン積 $1.0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{L}^2$,
 $\log_{10} 2.0 = 0.30, \log_{10} 5.0 = 0.70$

問1 次の物質の電子式をそれぞれ記せ。

- (1) 水素
- (2) 窒素
- (3) アンモニア
- (4) アンモニウムイオン

問2 次の反応の化学反応式をそれぞれ記せ。

- (1) 銀イオンを含む水溶液に少量のアンモニア水を加えると、酸化銀の褐色沈殿が生じた。
- (2) 酸化銀の沈殿に過剰のアンモニア水を加えると、沈殿が溶けて無色のジアンミン銀(I)イオンを含む水溶液となった。

問3 一定温度で、 $2.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ の窒素 6.0 L と $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ の水素 4.0 L を 5.0 L の容器に入れた。
次の問いに有効数字2桁で答えよ。

- (1) 窒素の分圧 [Pa] を求めよ。
- (2) 混合気体の全圧 [Pa] を求めよ。

問4 アンモニアは窒素と水素から合成される。次の問いに有効数字2桁で答えよ。

- (1) 合成したアンモニアを 27°C で 8.3 L の容器に入れたとき圧力は $9.0 \times 10^4 \text{ Pa}$ であった。
アンモニアの物質質量 [mol] を求めよ。
- (2) この反応に使われた窒素の質量 [g]を求めよ。

問5 アンモニア水では、溶けているアンモニアの一部は電離してアンモニウムイオンとして存在する。 0.20 mol/L のアンモニア水の電離度を 0.010 とし、次の問いに答えよ。

- (1) 水酸化物イオンのモル濃度 [OH^-] を有効数字2桁で求めよ。
- (2) pH を小数第1位まで求めよ。